

Макромикроскопическое исследование вариантов задней отслойки стекловидного тела в эксперименте *ex vivo*

Н.М. Кислицына, А.В. Шацких, С.М. Дибирова, Д.М. Султанова, М.П. Веселкова, С.В. Колесник, С.В. Новиков

ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Москва

РЕФЕРАТ

Актуальность. Ключом к пониманию развития любой витреоретинальной патологии является наличие четкого представления о возможных вариантах изменений анатомо-топографических взаимоотношений задних кортикальных слоев стекловидного тела (СТ) и внутренней пограничной мембраны (ВПМ) сетчатки при формировании задней отслойки стекловидного тела (ЗОСТ).

Профессор В.П. Воробьев предложил оригинальный метод макромикроскопического исследования морфологических препаратов, размеры которых лежат в пограничной области между макроскопическими параметрами, изучаемыми анатомами, и микроструктурами, изучаемыми гистологами.

Однако до настоящего времени метод практически не был применен в офтальмологии. Исследование процесса изменений витреоретинального интерфейса (ВРИ) в ходе возникновения ЗОСТ затруднено ввиду сложности моделирования, возможности визуализации и отсутствия утвержденных протоколов макромикроскопического исследования.

Цель. Методом макромикроскопического исследования в ходе препарирования СТ исследовать возможные варианты индуцированной ЗОСТ в эксперименте *ex vivo*.

Материал и методы. Исследование было выполнено на 24 глазных яблоках доноров-трупов. Для оценки изменений ВРИ в процессе индукции ЗОСТ был применен оригинальный метод препарирования, позволяющий послойно изолированно выделить кортикальные слои СТ и ВПМ сетчатки с возможностью последующей оценки изменений ВРИ методом макромикроскопического исследования. С целью контрастирования волокон СТ использовали соль сульфата

Офтальмохирургия. 2020;4: 50–55.

та бария суспензии «Витреоконтраст». Макроскопическое исследование выполнялось с использованием операционного микроскопа «Торсон OMS-800» с индикацией от 8- до 21-кратного увеличения, микроскопические изменения оценивались методом световой микроскопии при 50, 100, 200, 400, 630-кратном увеличении микроскопом фирмы Leica DM LB2 с последующей фоторегистрацией.

Результаты. В ходе макромикроскопического исследования были выявлены три варианта возможных изменений ВРИ в ходе развития индуцированной ЗОСТ, которые были интерпретированы как нормальная (истинная) ЗОСТ и аномальная ЗОСТ, которая происходила как с формированием (вариант А) зон витреолизиса (расслоение кортикальных слоев СТ), так и зонами расслоения ВПМ сетчатки (вариант Б).

Заключение. Предложенный метод макромикроскопического исследования ВРИ позволяет изолированно, последовательно, послойно препарировать кортикальные слои СТ и ВПМ сетчатки с последующей фиксацией на специальную подложку по оригинальной методике и возможностью выполнения гистологического среза и его оценкой методом световой микроскопии. Применение разработанного метода позволяет прицельно оценить изменения ВРИ на любом изолированном участке витреоретинальной поверхности. Представленная работа демонстрирует возможности применения метода для идентификации вариантов изменения ВРИ при формировании индуцированной ЗОСТ.

Ключевые слова: задняя отслойка стекловидного тела, внутренняя пограничная мембрана, препарирование стекловидного тела, витреоретинальный интерфейс. ■

Авторы не имеют финансовых или имущественных интересов в упомянутых материале и методах.

ABSTRACT

Macro-microscopic study of posterior vitreous detachment variants in an *ex vivo* experiment

N.M. Kislitsyna, A.V. Shatskikh, S.M. Dibirova, D.M. Sultanova, M.P. Veselkova, S.V. Kolesnik, S.V. Novikov

S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Moscow

Purpose. The key to understanding the development of any vitreoretinal pathology is a presence of a clear conception to possible variants of changes in the anatomical and topographic relationships of

the posterior cortical layers of the vitreous body and the retinal internal limiting membrane (ILM) in a formation of posterior vitreous detachment (PVD).



An original method of macro-microscopic examinations of anatomical objects proposed by professor V.P. Vorobyov, which includes investigations of morphological objects whose dimensions lie in the boundary area between macroscopic parameters studied by anatomists and microstructures studied by histologists, discover a new boundary area for the study of anatomical structures.

However, it has not been practically used in ophthalmology until now. The study of a process for changes in the vitreoretinal interface during the PVD occurrence is difficult due to a complexity of simulation, a possibility of visualization, and an absence of approved protocols for macro-microscopic research.

Purpose. To study variants of anatomical and topographical changes in the vitreoretinal interface during the formation of induced PVD in ex vivo experiments using the method of macro-microscopic examination.

Material and methods. The study was performed in 24 eyeballs of cadaver donors. To assess changes in the vitreoretinal interface in the process of PVD induction, an original method of dissection was used, that allows to isolate layer-by-layer the cortical layers of the vitreous body and the retinal ILM, with a possibility of further evaluation of changes in the vitreoretinal interface by the macro-microscopic examination. Salt barium sulfate suspension Video-contrast was used with the purpose to contrast vitreous fibers. Macroscopic investigation was carried out using the Topcon OMS-800 operating microscope with an indication from x8 to x21 magnification, microscopic changes were evaluated by the light

microscopy method with x50, x100, x200, x400 x630 magnification using the Leica DM LB2 microscope with the subsequent photo registration.

Results. During the macro-microscopic study, three variants of possible changes in the vitreoretinal interface during the development of induced PVD were revealed, which were interpreted as the normal (true) PVD and abnormal PVD, which occurred both with the formation (the variant A) of vitreoschisis zones (exfoliation of the cortical layers of the vitreous body) and with the zones of retinal ILM exfoliation (the variant B).

Conclusion. The proposed method of macro-microscopic investigation of the vitreoretinal interface allows to dissect isolated sequentially layer-by-layer the cortical layers of the vitreous body and the retinal ILM with subsequent fixation on a special substrate according to the original method and the possibility to carry out a histological section and its evaluation by the light microscopy method.

The application of the developed method allows to accurately assess changes in the vitreoretinal interface on any isolated site of the vitreoretinal surface.

The presented work demonstrates possibilities for the application of the method to detect variants of changes in the vitreoretinal interface within the formation of induced PVD.

Key words: posterior vitreous detachment, internal limiting membrane, dissection of the vitreous body, vitreoretinal interface. ■

No author has a financial or proprietary interest in any material or method mentioned.

Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery. 2020;4: 50–55.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Задняя отслойка стекловидного тела (ЗОСТ) представляет собой нарушение естественного физиологического и механического контакта между кортикальными слоями стекловидного тела (СТ) и внутренней пограничной мембраны (ВПМ) сетчатки. По данным J. Sebag и J. Gass, отслойка кортикальных слоев СТ развивается у половины людей старше 50 лет и практически у каждого человека после 80 [1, 2]. Несмотря на то что ЗОСТ является распространенной патологией, затрагивающей лиц пожилого и старческого возраста, на сегодняшний день нет общего представления об особенностях анатомо-топографических взаимоотношений задних кортикальных слоев и ВПМ сетчатки при ее формировании. К предпологающим факторам развития ЗОСТ относят дистрофические, воспалительные заболевания глаз и травматические повреждения глазного яблока [3]. В настоящее время предметом активной дискуссии

являются анатомические и физиологические особенности изменения структур витреоретинального интерфейса (ВРИ) в ходе развития ЗОСТ.

Первые попытки описания ВРИ относятся к началу 1900-х годов. Еще в 1977 г. J. Gass в своей монографии упоминал о ВРИ, используя термин «vitreo-retinal interface», описывая область контакта между задней гиалоидной мембраной (ЗГМ) и ВПМ сетчатки [4].

На современном этапе авторы описывают ВРИ как высокоорганизованный комплекс, в котором посредством различных молекулярных механизмов кортикальные слои СТ взаимодействуют с ВПМ сетчатки [5, 6]. Этот комплекс включает в себя задние кортикальные слои СТ, ВПМ, а также компоненты экстрацеллюлярного матрикса (ЭЦМ), которые обеспечивают витреоретинальную адгезию [6, 7].

Ключом к пониманию возникновения патологических изменений ВРИ и витреоретинальных заболеваний является знание вариантов развития ЗОСТ.

В настоящее время различают нормальное развитие ЗОСТ, в результате которой кортикальные слои отделяются от ВПМ сетчатки, не оставляя остатков на ее поверхности, и развитие аномальной ЗОСТ, при которой часть волокон СТ остается на поверхности ВПМ, результатом которой может являться развитие витреоретинальной патологии.

По данным А. Uji, при использовании метода оптической когерентной томографии (ОКТ), между ВПМ и кортикальными слоями СТ был обнаружен промежуточный слой, включающий в себя компоненты ВПМ и кортикальных слоев [8].

S. Kishi и соавт. после спонтанной ЗОСТ на поверхности ВПМ обнаружили остатки волокон СТ [9]. Исследование СТ методом электронной микроскопии позволило визуализировать и

Для корреспонденции:

Кислицына Наталья Михайловна, к.м.н.,
врач-офтальмолог высшей категории
ORCID ID: 0000-0001-7360-5770
E-mail: natalikislitsin@yandex.ru

идентифицировать его структурные компоненты и выявить анатомо-топографические особенности. Было обнаружено, что кортикальные слои имеют ламеллярную организацию и по своему строению напоминают луковицу. Отличительной их особенностью является способность к расслоению с формированием витреопизиса [10]. В ходе развития ЗОСТ при таком варианте происходит прекращение взаимосвязей между кортикальными слоями СТ и ВМП сетчатки, при этом часть волокон СТ остается на поверхности сетчатки и служит остовом для пролиферации. На сегодняшний день существуют лишь единичные работы, описывающие возможность расслоения ВПМ при плотной адгезии к кортикальным слоям СТ. В 1912 г. профессор М. Salzman описывал ЗГМ как задний пограничный слой, тянущийся по внутренней поверхности сетчатки и представляющий собой густо переплетающиеся волокна, автор также указывал на возможность отделения ВПМ сетчатки вместе с кортикальными слоями при их плотной фиксации. [11]. J. Sebag и соавт. при исследовании методом трансмиссионной электронной микроскопии на поверхности задних кортикальных слоев идентифицировали фрагменты ВПМ сетчатки в 40% случаев у лиц моложе 20 лет.

В начале XX века В.П. Воробьев предложил оригинальный метод макромикроскопического исследования анатомических объектов. Данная методика включает в себя метод исследования морфологических объектов, размеры которых лежат в пограничной области – между макроскопическими параметрами, изучаемыми анатомами, и микроструктурами, изучаемыми гистологами, и осуществляется с помощью оптических приборов с малым и средним увеличением. Сущность данного метода заключалась в тонком препарировании окрашенных объектов (мелких сосудов, нервов) с последующим изучением их под бинокулярной лупой. Данный метод открыл новую пограничную область исследования анатомических структур. В офтальмологии продолжением данного направления

послужили работы J. Worst, З. Махачевой, сутью которых явилось изучение структуры СТ путем введения красителей с последующим изучением под микроскопом [12]. Однако изучение структур ВРИ и их изменений при ЗОСТ не вошли в сферу их исследований. Таким образом, многие вопросы, касающиеся вариантов препарирования СТ, методов макро- и микроскопического анатомического исследования его структур, остаются актуальными. До настоящего времени вопрос выявления возможных изменений ВРИ в процессе индукции ЗОСТ остается малоизученным.

Исследование этого процесса затруднено ввиду сложности моделирования, возможности визуализации и отсутствия утвержденных протоколов макромикроскопического исследования.

ЦЕЛЬ

Методом макромикроскопического исследования в ходе препарирования СТ исследовать возможные варианты индуцированной ЗОСТ в эксперименте *ex vivo*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование было выполнено на 24 глазных яблоках доноров-трупов, возраст доноров составил от 49 до 59 лет, причина смерти – острая сердечно-сосудистая недостаточность, 9 случаев составил женский пол, 15 – мужской. До удаления роговично-склеральных дисков была измерена длина глаза, которая в среднем составляла: $23,4 \pm 0,5$ мм, что соответствует физиологической норме. Глазные яблоки донора-трупа прошли качественный контроль для целей трансплантации роговицы в Глазном тканевом банке НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова», Москва (к.м.н. М.Х. Хубецова), согласно решению на применение медицинской технологии ФС № 2010/243 от 24.05.2010 «Алгоритм заготовки трупных роговиц человека для трансплан-

тации» и Лицензии Учреждения Федеральной государственной службы по надзору за здравоохранением № 99-01-005317 от 30.04.2008 и № ФС-99-01-008251 от 18.02.2013 на вид медицинской деятельности по забору и заготовке трупных органов и тканей человека для трансплантации. После удаления роговично-склеральных дисков передавались глазные яблоки доноров-трупов в ЦМБП НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» (проф. С.А. Борзенко) [13].

Препарирование осуществлялось по оригинальной методике «Шаг за шагом» (Step by step), одним из этапов которой является исследование ВРИ. Отличительной особенностью данной техники препарирования СТ является возможность последовательного контрастирования пленчатых структур СТ и ВРИ с возможностью последующего исследования методом световой, электронной микроскопии и(или) иммуногистохимического анализа. В данной работе с целью контрастирования волокон СТ использовали суспензию сульфата бария – «Витреоконтраст». Преимуществом данной суспензии является способность плотной адгезии частиц к тонким пленчатым структурам.

В 4 мм от лимба по кругу ножницами производили разрез склеры. Затем формировали лепестки склеры, разрезая ее между прямыми мышцами, оставляя интактным участок склеры в заднем полюсе глаза, включающий зону проекции макулярной области и зрительного нерва, диаметром от 10 до 11 мм. Далее, используя лезвие и анатомический пинцет, по аналогичной методике формировали лепестки сосудистой оболочки и отсекали их. Затем от поверхности СТ острожно, без дополнительного механического воздействия отделяли сетчатку, фиксируя ее пинцетом только за край. Таким образом, в ходе отделения сетчатки от поверхности кортикальных слоев СТ происходила индукция ЗОСТ.

Для исследования изменений ВРИ в процессе формирования индуцированной ЗОСТ после отделения сетчат-

ки от кортикальных слоев на всю поверхность СТ и поверхность отделенных лепестков сетчатки наносили суспензию «Витреоконтраст». Исследование производили под операционным микроскопом «Торсон OMS-800» с индикацией увеличения от $\times 8$ до $\times 21$ с последующей фото- и видеорегистрацией. Производили оценку макроскопических параметров изменений кортикальных слоев СТ и соответствующей поверхности сетчатки. Образцы кортикальных слоев СТ отсепаровывали, помещали на адгезивно-метрический планшет «Эндокит» и отправляли на микроскопическое исследование методом световой микроскопии. Соответствующий участок сетчатки после приготовления гистологического препарата также исследовался методом световой микроскопии.

Для гистологического исследования материал фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина, промывали проточной водой, обезжировали в спиртах восходящей концентрации и заливали в парафин, выполняли серии гистологических срезов с применением окраски гематоксилином и эозином. Препараты изучали под микроскопом фирмы Leica DM LB2 при 50, 100, 200, 400-кратном увеличении с последующим фотографированием.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При визуальном осмотре при увеличении $\times 15$ наблюдалось 3 вариан-

та изменений ВРИ в ходе индуцированной ЗОСТ.

Первый вариант. В 6 случаях после отделения лепестков сетчатки и нанесения суспензии на поверхность СТ она оставалась гладкой, блестящей и ровной. На поверхности кортикальных слоев не определяли слои как в виде шероховатостей, так и в виде мембраны. Соответствующие участки сетчатки выглядели интактными, а при нанесении на нее суспензии «Витреоконтраст» адгезии частиц не происходило (рис. 1). Световая микроскопия подтвердила целостность кортикальных слоев СТ и ВПМ сетчатки в данных глазных яблоках (рис. 2).

Данный вид формирования ЗОСТ макромикроскопически был оценен как нормальная полная ЗОСТ.

Второй вариант. В 15 случаях после индуцирования ЗОСТ и нанесения суспензии на поверхность СТ на определенных участках она выглядела прозрачной и достаточно гладкой, частицы суспензии на таких участках не фиксировались. Поверхность СТ, где происходила адгезия частиц, выглядела волокнистой, шероховатой, при этом после нанесения контрастирующего агента на данные участки выявлена плотная адгезия частиц контрастирующей композиции к волокнам СТ, которая не изменялась с течением времени. На соответствующих участках сетчатки также наблюдалась выраженная адгезия частиц в виде волокнистого тонкого слоя (рис. 3). Свето-

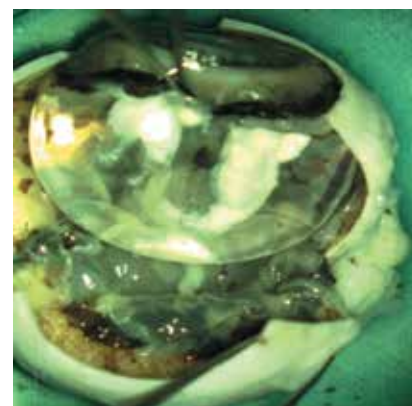


Рис. 1. Макропрепарат донорского глазного яблока. Поверхность стекловидного тела и сетчатки без адгезии частиц. Ув. 15

Fig. 1. Macropreparation of the donor eyes. The surface of the vitreous body and retina without particle adhesion. $\times 15$

вая микроскопия во втором варианте выявила расслоение кортикальных слоев СТ (рис. 4).

Третий вариант изменений ВРИ после индукции ЗОСТ наблюдался в 4 случаях. После отделения лепестков сетчатки на поверхности СТ визуализировался тонкий мембраноподобный слой с хорошо оформленной плотной, гладкой и блестящей поверхностью. Частицы суспензии «Витреоконтраст» обладали низкой способностью к адгезии к поверхности СТ. После нанесения суспензии на соответствующие участки сетчатки, ее поверхность выглядела интактной, без слоя адгезированных частиц (рис. 5). Согласно результатам световой микроскопии, в дан-

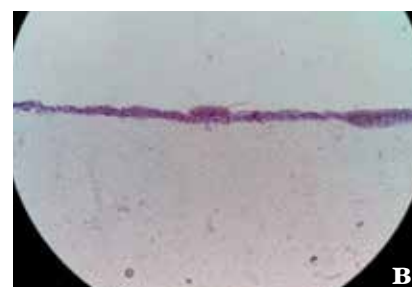
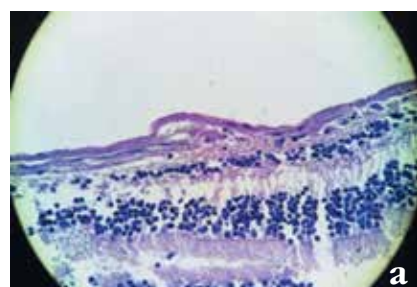


Рис. 2. Микрофото. Световая микроскопия сетчатки донорского глазного яблока. Участок внутренней поверхности сетчатки без стекловидного тела, окраска гематоксилином и эозином, ув. 400 (а); световая микроскопия кортикальных слоев стекловидного тела донорского глазного яблока на подложке, окраска гематоксилином и эозином (б, в), ув. 200 (б); ув. 630 (в)

Fig. 2. Micro photos. Light microscopy of the retina of the donor eyes. An area of the inner surface of the retina without a vitreous body. Hematoxylin – eosin staining, $\times 400$ (a); light microscopy of the cortical layers of the vitreous body of the donor eyes on a substrate. Hematoxylin – eosin staining (б, в), $\times 200$ (б); $\times 630$ (в)

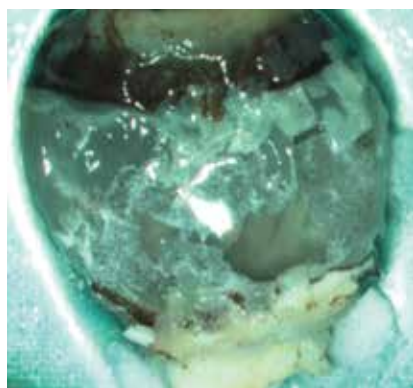


Рис. 3. Макропрепарат донорского глазного яблока. На поверхности стекловидного тела и сетчатки наблюдается адгезия частиц суспензии. Ув. 15

Fig. 3. Macropreparation of the donor eyes. Adhesion of suspension particles is observed on the surface of the vitreous body and retina. x15

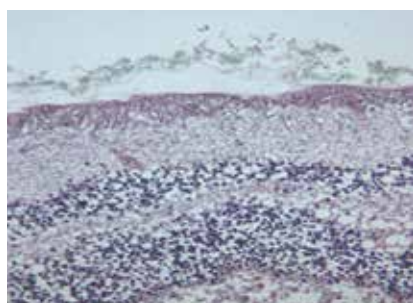


Рис. 4. Микрофото. Фрагменты участков витреоретинального интерфейса, разволокненные кортикальные слои СТ, к которым адгезированы частицы суспензии «Витреоконтраст», структура сетчатки не изменена. Окраска гематоксилин – эозин, ув. – x200

Fig. 4. Micro photos. Fragments of the vitreoretinal interface, splitted cortical layers of the VB with adhered particles of «Vitreokontrast» suspension, the structure of retina is unchanged. Hematoxylin – eosin stain; x200

ных случаях выявлено расслоение ВПМ сетчатки (рис. 6).

Второй и третий варианты изменений ВРИ были макроскопически оценены как anomальная ЗОСТ. Таким образом, в ходе макромикроскопического исследования были выявлены три варианта возможных изменений ВРИ при индуцированной ЗОСТ, которые были интерпретированы как нормальная (истинная) ЗОСТ и anomальная ЗОСТ.

Формирование anomальной ЗОСТ происходило как с образованием зон витреопириза, что сопровождалось расслоением кортикальных слоев СТ, так и с зонами расслоения ВПМ сетчатки.

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время вопрос визуализации и оценки изменений ВРИ при различных вариантах формирования ЗОСТ остается малоизученным и дискуссионным. Описанные в современных работах изменения, позволившие разделить ЗОСТ на нормальную и anomальную, основываются в основном на данных анализа кадаверных глаз или прижизненной оценки изменений ВРИ методом ОКТ.

В данном исследовании применение для контрастирования специальной суспензии «Витреоконтраст» позволило дифференцировать участки с гладкой поверхностью, соответствующие истинной ЗОСТ, от шероховатой поверхности при anomальной ЗОСТ. Также, в отличие от предыдущих исследователей, предварительное контрастирование кортикальных слоев СТ дало возможность изолированно выделить каждый его слой с последующей оригинальной фиксацией их на адгезивно-метрический планшет «Эндокит» для гистологического исследования. Используя данную методику, нам удалось выявить не только нормальный вариант развития ЗОСТ, но и дифференцировать несколько типов ЗОСТ: 1-й тип – с расслоением кортикальных слоев СТ, 2-й тип – с расслоением ВПМ сетчатки. На сегодняшний день существуют лишь единичные работы, описывающие возможность расслоения ВПМ при плотной адгезии к кортикальным слоям СТ.

Традиционно считается, что ВПМ сетчатки состоит из трех слоев: внутреннего (lamina lucida layer), он граничит непосредственно с компонентами ЭЦМ и опосредованно с кортикальными слоями СТ; центрального (lamina densa) и наружного (second inner lamina lucida), который примы-

кает к концевым отросткам глиальных клеток Мюллера [14].

В доступной литературе проф. М. Salzmann, в 1912 г. в своей монографии описывал возможность послойного расщепления ВПМ сетчатки [11]. J. Sebag и соавт. при исследовании методом трансмиссионной электронной микроскопии на поверхности задних кортикальных слоев идентифицировали фрагменты ВПМ сетчатки в 40% случаев у лиц моложе 20 лет [7].

M.P. Snead и соавт. в своих работах также приводили факты возможного расслоения ВПМ сетчатки [15]. Авторы исследовали аутопсированные глаза человека с ЗОСТ, выявленной при биомикроскопии; при этом в большинстве случаев на поверхности кортикальных слоев СТ обнаруживали тонкую оформленную мембрану, которая, по данным иммуногистохимии, содержала коллаген 4-го типа, что позволило отнести данный вид мембраны к истинной базальной клеточной. Однако авторы отнесли данный феномен к существованию истинной базальной ЗГМ СТ, а не к возможности расслоения ВПМ. В данной работе в 4 случаях мы наблюдали вариант развития ЗОСТ, при котором на поверхности кортикальных слоев СТ отчетливо визуализировалась оформленная достаточно прочная мембраноподобная структура, которая при гистологическом исследовании была описана как ВПМ сетчатки. На соответствующем этой зоне участке поверхности ВПМ сетчатки визуализировалась более тонкой, чем в норме, что дало основание предположить, что при возникновении ЗОСТ ВПМ может быть плотно фиксирована к кортикальным слоям СТ, что приводит к ее расслоению на определенном участке в месте максимальной фиксации, при этом часть ВПМ остается на поверхности СТ. Обнаруженный факт возможности расслоения ВПМ при формировании ЗОСТ также объясняет и данные, полученные M.P. Snead и соавт. [15]. Однако для уточнения и подтверждения полученных результатов в дальнейшем необходимо выполнение электронной микроскопии и иммуногистохимического исследования.

Таким образом, метод с предварительным контрастированием специальным контрастирующим агентом «Витреоконтраст» кортикальных слоев СТ и соответствующей поверхности сетчатки позволяет определить участки с истинной и аномальной ЗОСТ. После предварительного контрастирования появляется возможность препарирования каждого отдельного слоя СТ с возможными необходимыми последующими исследованиями.

ВЫВОДЫ

1. Метод препарирования СТ по оригинальной разработанной методике с использованием контрастирующей суспензии малорастворимых солей металлов (сульфата бария в данном случае) позволил определить варианты развития индуцированной ЗОСТ и визуализировать участки нормальной и аномальной ЗОСТ.

2. Впервые в ходе препарирования были выделены два варианта формирования аномальной ЗОСТ, а именно: ЗОСТ с расслоением кортикальных слоев СТ и ЗОСТ с расслоением ВПМ сетчатки.

3. Предложенный метод макромикроскопического исследования стекловидного тела «Шаг за шагом» (Step by step) позволяет изолированно выделить каждый слой СТ с последующей фиксацией на специальную подложку по оригинальной методике и возможностью выполнения гистологического исследования соответствующих слоев СТ и сетчатки и определения изменений ВРИ при формировании ЗОСТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sebag J. Age-related changes in human vitreous structure. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 1987;25: 89–93.
2. Gass JD. Atlas of macular diseases. Fifth edition. Nashville, USA: Elsevier Saunders; 2012.
3. Бойко Э.В., Суев А.А., Мальцев Д.С. Отслойка задней гиалонидной мембраны: понятие, распространенность, классификация, клиника и возможные причины. *Офтальмологические ведомости.* 2009;3: 39–46. [Boyko EV, Suetov AA, Maltsev DS, Posterior hyaloid



Рис. 5. Макропрепарат. Поверхность стекловидного тела с мембраноподобным слоем; ув. 15 (а); ув. 21 (б)

Fig. 5. Macro specimens. The surface of the vitreous body with a membrane-like layer; x15 (a); x21 (b)

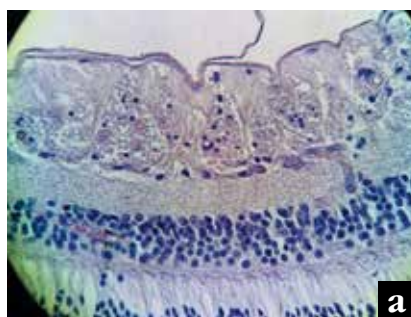
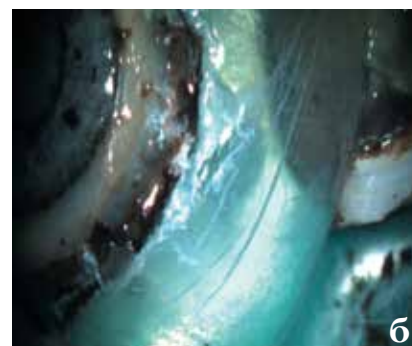
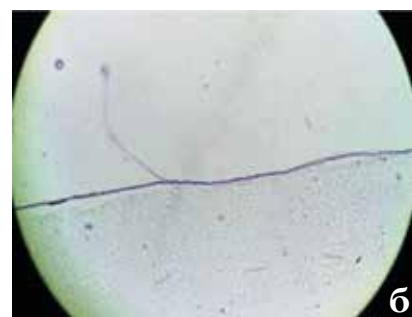


Рис. 6. Микрофото. Световая микроскопия сетчатки донорского глазного яблока с признаками расслоения внутренней пограничной мембраны (а); световая микроскопия внутренней пограничной мембраны сетчатки донорского глазного яблока на подложке (б). Окраска гематоксилином и эозином, ув. 630

Fig. 6. Micro photos. Light microscopy of the retina of the donor eyes with signs of ILM dissection (a); light microscopy of the internal limiting membrane of the retina of the donor eyes on a substrate. Hematoxylin – eosin staining, x630



membrane detachment: concept, prevalence, classification, clinic and possible causes. *Ophthalmological reports.* 2009;3: 39–46. (In Russ.)]

4. Donald JM, Gass MD. Stereoscopic atlas of macular diseases (diagnostic and treatment). Second Ed. St. Louis: MosbyCo; 1977.

5. Ponsioen TL, Hooymans JM, Los LI. Remodelling of the human vitreous and vitreoretinal interface – a dynamic process. *Prog Retin Eye Res.* 2010;29: 580–595. doi: 10.1016/j.preteyeres.2010.07.001

6. Кислицына Н.М., Колесник С.В., Новиков С.В., Колесник А.И., Веселкова М.П. Современные возможности контрастирования витреоретинального интерфейса (экспериментальное исследование). *Офтальмология.* 2018;15(25):231–238 [Kislitsyna NM, Kolesnik SV, Novikov SV, Kolesnik AI, Veselkova MP. Modern possibilities for the vitreoretinal interface contrasting (experimental study). *Ophthalmology in Russia.* 2018;15(25): 231–238.

7. Yanoff M, Fine BS. *Ocular pathology (a text and atlas).* JB Lippincott Co, Philadelphia; 1989.

8. Uji A, Yoshimura N. Microarchitecture of the Vitreous body: A high-resolution optical coherence tomography study. *Am J Ophthalmol.* 2016;168: 24–30. doi: 10.1016/j.ajo.2016.04.021

9. Kishi S, Demaria C, Shimizu K. Vitreous cortex remnants at the fovea after spontaneous vitreous detachment. *Int Ophthalmol.* 1986;9(4): 253–260.

10. Sebag J. Vitreous: In Health and Disease. Springer; 2014.

11. Salzmann M, Brown EVL. The anatomy and histology of the human eyeball in the normal state, its development and senescence. Chicago: The University of Chicago press; 1912.

12. Махачева З.А. Новое в анатомии стекловидного тела. М.: Руспринт; 2006. [Makhacheva ZA. *Novoe v anatomii steklovidnogo tela.* M.: Rusprint; 2006. (In Russ.)]

13. Борзенко С.А. Медико-технологические и методологические основы эффективной деятельности глазных тканевых банков России в обеспечении операций по сквозной трансплантации роговицы. Дис. ... д-ра мед. наук. М.; 2008. [Borzenok SA. *Mediko-tehnologicheskiye i metodologicheskiye osnovy razvitiya deyatel'nosti glaznykh tkanykh bankov Rossii v obespechenii operatsiy po skvoznoy transplantatsii rogovitsy.* [Dissertation]. M.; 2008. (In Russ.)]

14. Henrich P. Nanoscale topographic and biomechanical studies of the human internal limiting membrane. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012;53: 2561–2570. doi: 10.1167/iov.11-8502

15. Snead MP, Snead DR, Richards AJ, Harrison JB, Poulson AV, Morris AH, Sheard RM, Scott JD. Clinical, histological and ultrastructural studies of the posterior hyaloid membrane. *Eye.* 2002;16(4): 447–553. doi: 10.1038/sj.eye.6700198

Поступила 27.02.2020