

УДК 617.73/742-072.1-073.756.8

DOI: 10.17238/PmJ1609-1175.2016.3.5-11

## Современные возможности визуализации витреоретинальных структур: проблемы и перспективы

Э.В. Бойко<sup>1,2</sup>, А.А. Анисимов<sup>1</sup>, С.В. Чурашов<sup>1</sup>, А.В. Ян<sup>1</sup>, Р.С. Бареева<sup>1</sup><sup>1</sup> Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6),<sup>2</sup> МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова (192283, г. Санкт-Петербург, ул. Ярослава Гашека, 21)

В обзоре подробно освещены вопросы визуализации структур глаза как с исторической, так и с практической точки зрения. Описаны основные сложности, встающие на пути точной и полноценной диагностики витреоретинальной патологии, включающей такие заболевания, как регматогенная отслойка сетчатки, пролиферативная диабетическая ретинопатия, открытая и закрытая травма глаза и многие другие. Проведен подробный анализ характеристик современных методов и технологий диагностики в офтальмологии, а также сравнительный анализ их возможностей. Рассмотрены перспективные разработки, имеющие большой потенциал в повышении точности и полноты получаемых данных и их дальнейшей интерпретации.

**Ключевые слова:** витреоретинальная патология, ультразвуковое исследование, оптическая когерентная томография, конфокальная лазерная сканирующая офтальмоскопия.

Витреоретинальная патология занимает особое место в структуре всех заболеваний органа зрения, поскольку речь идет о наиболее сложных и распространенных нозологических формах, среди которых такие заболевания, как регматогенная отслойка сетчатки, пролиферативная диабетическая ретинопатия, открытая и закрытая травмы глаза и многие другие [4, 6, 14, 24, 27, 30, 31]. Именно сложность и полиморфизм витреоретинальной патологии на протяжении многих лет определяют постоянную актуальность изучения различных проявлений данных заболеваний.

Наиболее часто витреоретинальная патология связана с пролиферативной витреоретинопатией (ПВР), а многообразие симптомов последней создает объективные трудности в диагностике и лечении [6, 7, 12, 14, 23, 36]. В свою очередь тяжесть исходных проявлений витреоретинальной патологии, чрезмерная хирургическая травма, частая необходимость реопераций нередко становятся причинами неудовлетворительных функциональных исходов, и в конечном счете – высокого уровня инвалидизации пациентов [2, 14, 22].

В настоящее время существует множество методов диагностики, позволяющих визуализировать различные витреоретинальные структуры: волокна стекловидного тела, заднюю гиалоидную и внутреннюю пограничную мембраны, слои и сосуды сетчатки и сосудистой оболочки, а также депозиты воспалительного, обменного или пролиферативного генеза, эпиретинальной или субретинальной локализации. Достаточно широко в повседневной практике офтальмологических клиник применяют следующие методы диагностики: традиционную офтальмобиомикроскопию, флюоресцентную ангиографию, ультразвуковое исследование (УЗИ), оптическую когерентную томографию (ОКТ). С одной стороны, использование этих методов позволяет составить наиболее полное

представление о проявлениях различной патологии стекловидного тела и глазного дна [32]. С другой стороны, к ограничению диагностической точности здесь могут привести снижение прозрачности оптических сред, труднодоступная локализация или минимальные размеры патологических изменений, недостаток разрешающей способности метода [5, 8, 19, 34]. Все это создает объективные предпосылки для разработки новых высокотехнологичных способов диагностики, а также осмысления более совершенных систем оценки изучаемой патологии [8].

Один из методов, перспективных для решения диагностических задач – конфокальная лазерная сканирующая офтальмоскопия (КЛСО) [18, 20, 25]. В свою очередь, также перспективным направлением интерпретации считается разработка систем интеграции и дальнейшего цифрового анализа данных, полученных от комплекса методик – УЗИ, ОКТ и КЛСО [18, 32].

Общая проблема большинства офтальмоскопических систем – узкий угол обзора структур глазного дна, который не позволяет качественно и в достаточной степени визуализировать его периферические отделы [8]. В частности, офтальмоскопия по Краснову с линзами в диапазоне от 60 до 90 дптр имеет ограниченное динамическое поле обзора, которое на практике не превышает 155°, а при выборе линзы большей оптической силы снижается разрешающая способность [33]. Это создает предпосылки для поиска и внедрения в клиническую практику новых офтальмоскопических систем, предоставляющих возможность для изучения как центральных, так и периферических отделов глазного дна [17, 20, 38].

По своему строению стекловидное тело является прозрачной структурой, что существенно затрудняет визуализацию его компонентов, а также ранних изменений, неподдающихся оценке стандартными методами диагностики [32]. Известно, что ряд патологических состояний, таких как катаракта, гемофтальм, экссудация в стекловидное тело, а также ПВР может приводить

к значительному снижению прозрачности оптических сред, существенно затрудняющих осмотр глазного дна. Еще одной трудностью служит частая локализация патологических изменений в труднодоступных для осмотра участках глазного дна, таких как области, экранированные полями ретиношизиса, эпиретинальными мембранами или складками отслоенной сетчатки [19]. Это приобретает особое значение, когда речь заходит о переднем типе ПВР [12]. Способность волн различного электромагнитного или ультразвукового диапазона к распространению в тканях на разную глубину и избирательная поглощаемость тканями соответствующего типа энергии определяют проникающую способность различных диагностических исследований. Таким образом, ограничение проникающей и разрешающей способностей существующих методов – еще одна проблема, возникающая на пути полноценной диагностики витреоретинальной патологии [29].

Другим недостатком большинства методов диагностики можно назвать их подверженность влиянию множества субъективных факторов, связанных с вариабельностью выполнения исследования, а также интерпретации полученных данных [16]. Кроме того, выбор лечебной тактики на основании таких данных зачастую и в значительной степени зависит от опыта специалиста [37].

В данном обзоре рассматриваются основные методы, применяемые для диагностики витреоретинальной патологии, каждый из которых в той или иной степени приспособлен для визуализации и оценки состояния стекловидного тела и глазного дна, имеет свои преимущества и недостатки.

Офтальмоскопия с исторической и практической точек зрения – самый первый метод визуализации структур глазного дна, изобретенный Германом Гельмгольцем в 1851 г. Физической основой офтальмоскопии является способность света видимой части спектра проникать через прозрачные оптические среды. Одной из разновидностей офтальмоскопии считается офтальмохромоскопия, использующая для освещения структур глазного дна монохроматические источники, что позволяет достичь контрастного вида определенных структур – сосудов, субретинальных депозитов, участков дистрофии, пролиферативных изменений и пр. [3]. Вне зависимости от модификации этот метод относительно прост в освоении и доступен для всех офтальмологов [1]. Вместе с тем, информативность полученных данных значительно зависит от навыков специалиста, выполняющего исследование, а использование мощных световых источников приводит к появлению ярких бликов и множества теневых зон, потенциально скрывающих патологические изменения [15, 32].

В сравнении с УЗИ и ОКТ офтальмоскопия – метод прямой визуализации, что, в частности, может быть существенным при таком патологическом состоянии как отслойка сетчатки, когда на основании эффекта параллакса точно определяется конечная локализация разрыва сетчатки на глазном дне [1, 21].

По мнению J. Sebag [32], биомикроскопия среди всех методов диагностики (наряду с офтальмоскопией) меньше всего приспособлена для визуализации структур стекловидного тела. В первую очередь, это обусловлено его анатомическими особенностями: стекловидное тело – структура прозрачная. Кроме того, видимый спектр света по своим физическим характеристикам обладает относительно низкой проникающей способностью при снижении прозрачности оптической среды, при этом глубина визуализации не позволяет качественно осуществить поиск и верификацию патологических изменений, находящихся в области витреоретинального интерфейса (отслойка, разрывы сетчатки, сосудистой оболочки, признаки пролиферативной диабетической ретинопатии, хориоретинальные дистрофии и др.) [19, 21].

Проблему глубины визуализации, казалось бы, успешно решает УЗИ, однако при ближайшем рассмотрении данная технология, помимо своего значительного вклада в диагностику, имеет и ограничения. УЗИ – диагностический метод, основанный на свойстве распространения механической энергии ультразвуковых волн в средах с различной плотностью и упругостью, а также способности данных сред к различному поглощению и отражению этой энергии. Метод обеспечивает широкое поле охвата и обладает высокой проникающей способностью – позволяет осматривать структуры вплоть до заднего полюса глазного яблока даже при непрозрачных оптических средах [29, 34]. Но и с учетом всех указанных преимуществ, УЗИ – метод непрямой визуализации: идентификация структур возможна лишь по косвенным признакам, что в ряде клинических ситуаций может приводить к ошибочным заключениям [5, 29]. Таковыми нередко становятся выводы о наличии или отсутствии отслойки сетчатки, отслойки задней гиалоидной мембраны или природе иных эхопозитивных внутриглазных структур (рис. 1).

Также в сравнении с другими методами УЗИ обладает невысокой разрешающей способностью – в пределах от 1 до 3 мм на частотах от 2 до 12 МГц, что может приводить к диагностическим ошибкам [5, 29, 32, 34]. В то же время ОКТ демонстрирует высокую разрешающую способность – у современных когерентных томографов она доходит до 10–15 мкм, что позволяет дифференцировать ультраструктурные изменения на уровне отдельных слоев сетчатки, фибрилл стекловидного тела и задней гиалоидной мембраны [13, 26, 28, 29].

Физической основой ОКТ является способность разных по плотности тканей к различному уровню поглощения и отражения энергии когерентного пучка лазера ближнего инфракрасного диапазона. Однако ОКТ в силу конструктивных особенностей современных томографов не обеспечивает такой полноты охвата окружающих тканей, как современные ультразвуковые системы, и, соответственно, не позволяет осмотреть структуры в центральных отделах стекловидного тела [34]. Тем не менее патологические

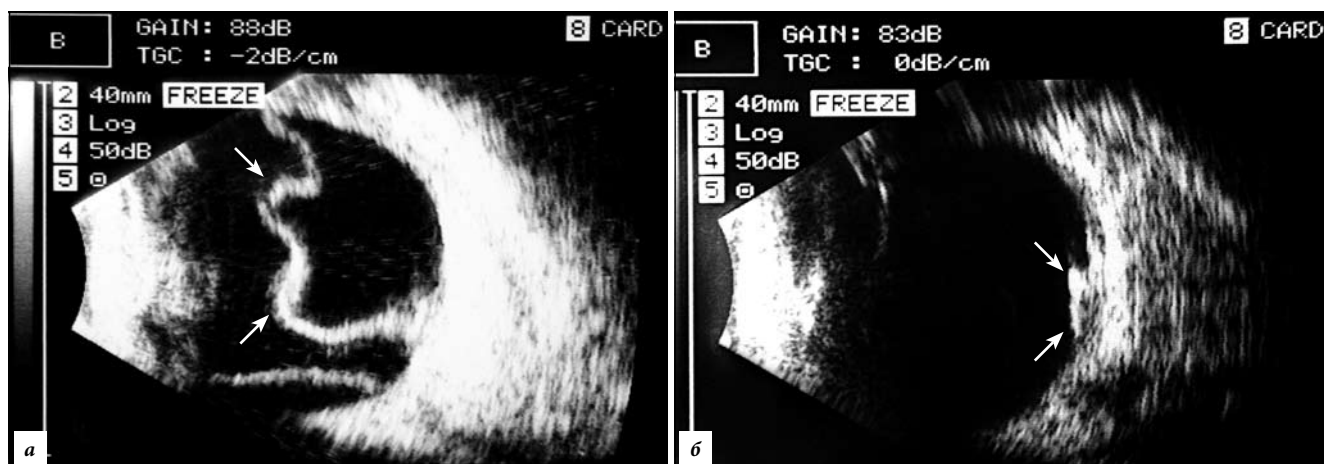


Рис. 1. Ультразвуковое исследование:

*а* – экзопозитивная мембрана (стрелки), по конфигурации с большой вероятностью указывающая на наличие отслойки сетчатки; *б* – экзопозитивные мембраны неясного генеза (стрелки).

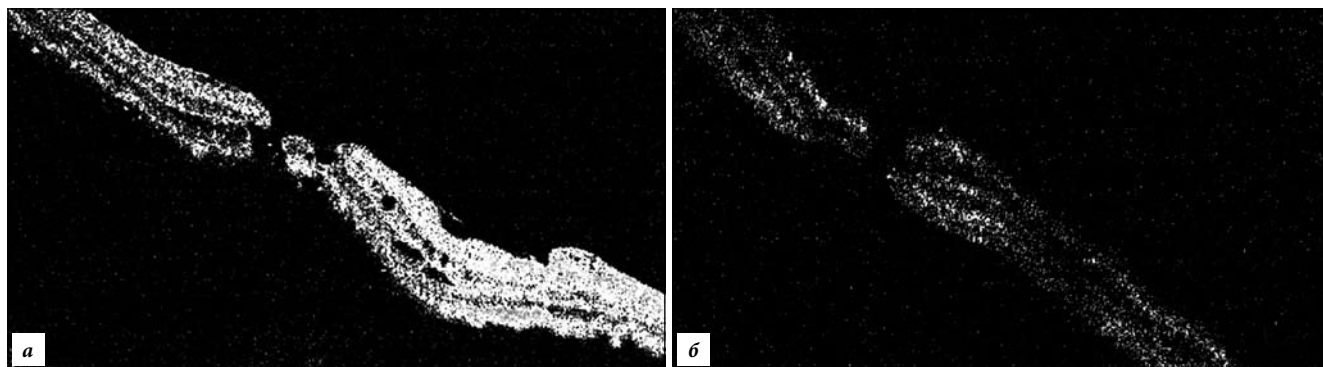


Рис. 2. ОКТ периферических разрывов сетчатки:

*а* – пациент с неизменными оптическими средами глаза, ретинальный дефект виден четко и контрастно; *б* – пациент с диагнозом «начальная возрастная катаракта», контуры ретинального дефекта определяются с трудом.

изменения на отрезке от средней до крайней периферии глазного дна становятся доступными для осмотра при соблюдении ряда условий. При этом наилучшим образом визуализируются только преретинальные и ретинальные структуры. Поэтому сегодня все чаще появляются работы, посвященные осмотру периферических витреоретинальных структур с помощью ОКТ [11]. Некоторые материалы упомянутых исследований были обобщены и изданы в виде атласа в 2015 г. [10].

Вместе с тем в научной литературе имеется ряд указаний на то, что даже у этой методики недостаточно высокая разрешающая способность: нет сомнений, что ОКТ позволяет дифференцировать различные слои сетчатки в сопоставлении их друг с другом, однако возможность идентификации нарушений внутри отдельно взятого слоя, вызывает активную дискуссию. В частности, по мнению N. Taneja и A. Mathai [35], обнаружение критической потери фоторецепторов вследствие чрезмерной хирургической травмы лежит за пределами диагностических возможностей данного метода.

В подтверждение вышесказанному британскими исследователями был проведен сравнительный анализ ОКТ и УЗИ по разрешающей способности и полезности в различных клинических ситуациях, и сделан вывод о том, что ОКТ обладает хорошей разрешающей

способностью, но теряет свои преимущества при снижении прозрачности оптических сред [29]. Таким образом, в случае выраженных пролиферативных изменений стекловидного тела, воспалительной экссудации и даже простой катаракты информативность этого высокотехнологичного и дорогостоящего метода может значительно снижаться (рис. 2).

УЗИ лишено указанного недостатка и позволяет оценивать внутренние структуры глаза вне зависимости от плотности и прозрачности оптических сред. Однако низкая в сравнении с ОКТ разрешающая способность этого метода не дает возможности охарактеризовать тонкие витреоретинальные взаимоотношения – оценка становится в лучшем случае ориентировочной [29].

Принимая во внимание вышесказанное, можно сделать вывод, что обследование пациента с витреоретинальной патологией не должно ограничиваться каким-либо одним методом, а в сложных клинических ситуациях применение даже комплекса существующих методов не способно предоставить полную информацию о больном. Несовершенство методов экспертной оценки хорошо иллюстрируется исследованием T. Williamson et al. [37], в котором затронуты вопросы показаний для ретиномии. Решение о выполнении такой травматичной и радикальной манипуляции

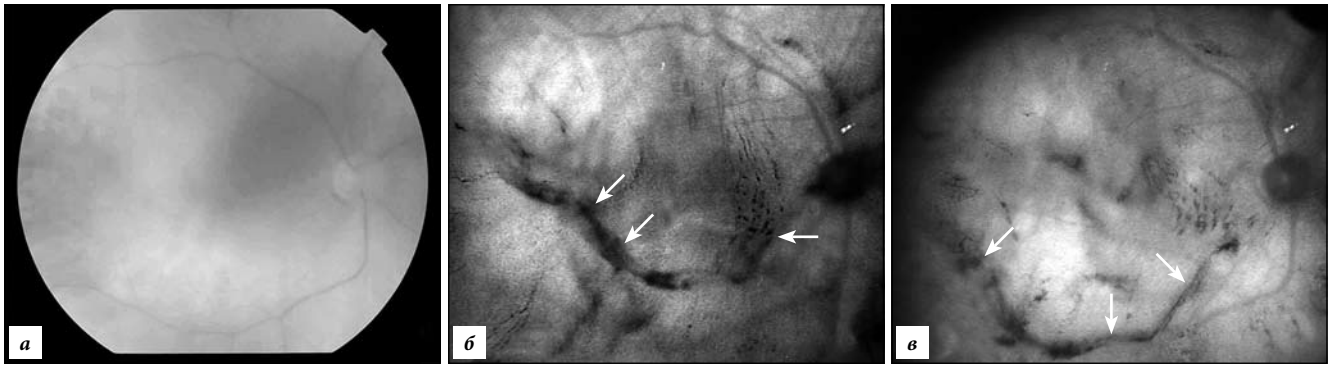


Рис. 3. Демонстрация возможностей КЛСО при пролиферативных изменениях стекловидного тела:

*a* – ретинальной камерой глазное дно просматривается под флером, изменения стекловидного тела достоверно не определяются; *б, в* – КЛСО с использованием инфракрасного лазера и апертуры среднего диаметра делает стекловидное тело доступным для осмотра: определяются уплотненные волокна, содержащие поля пролиферирующих клеточных элементов (стрелки).

принималось на основании личного опыта хирурга, что признается авторами существенным недостатком.

Все это создает объективные предпосылки для поиска новых высокотехнологичных методов диагностики витреоретинальной патологии и внедрении их в клиническую практику.

Одним из таких методов является КЛСО – метод прямой визуализации, который гарантирует высокое качество осмотра структур стекловидного тела, сетчатки и сосудистой оболочки даже при снижении прозрачности оптических сред (рис. 3, 4). Кроме того, этот метод обладает высокой разрешающей способностью, позволяющей дифференцировать изменения на качественном уровне, сопоставимом с уровнем ОКТ [32].

КЛСО обеспечивается применением лазеров разного волнового диапазона, как по отдельности, так и в комбинации, что существенно расширяет возможности исследования внутриглазных структур *in vivo* [32]. В частности, лазеры инфракрасного диапазона (790 нм) хорошо подходят для визуализации структур стекловидного тела, зеленого (532 нм) – для неинвазивного осмотра сосудистых структур сетчатки и сосудистой оболочки, синего (490 нм) – для оценки слоя нервных волокон сетчатки, красного (660 нм) – для оценки изменений на уровне пигментного эпителия сетчатки. Описанные свойства находят свое отражение в работах профессора А.М. Водовозова в области офтальмохромоскопии [3]. Являясь следующим витком в развитии данной технологии за счет когерентного нерасходящегося лазерного пучка, КЛСО превосходит по качеству визуализации традиционные виды офтальмоскопии, использующие рассеянный свет.

Еще одно неоспоримое преимущество КЛСО – возможность осмотра структур, находящихся на крайней периферии глазного дна [17, 20, 38]. Это достигается посредством адаптивной оптики, увеличивающей угол атаки сканирующего сигнала, за счет относительно низкой мощности сигнала, что исключает появление бликов и теневых зон, а также из-за высокой проникающей способности излучения – прежде всего инфракрасного (рис. 4).

Однако и КЛСО имеет ограничения. Согласно нашим наблюдениям, при крайних степенях снижения

прозрачности оптических сред КЛСО не способна конкурировать по глубине визуализации с УЗИ. В частности, непроницаемыми для инфракрасного лазера остается любое бельмо роговицы 3-го класса и выше, расположенное по центральной оптической оси и охватывающее диаметр зрачка, катаракта, начиная от незрелой стадии, а также тотальный гемофтальм. Кроме того, этот метод, как и остальные, не лишен влияния субъективных факторов при интерпретации данных.

Перспективным представляется совмещение диагностических возможностей ОКТ, УЗИ и КЛСО и последующая комплексная оценка патологических витреоретинальных проявлений, в том числе с применением цифрового анализа данных [18, 25, 32]. Дополняя друг друга, эти методы позволяют наиболее полно оценить морфологические особенности витреоретинальных взаимоотношений, идентифицировать различные патологические очаги (витреопапиллярную тракцию, точки фиксации при эпимакулярном фиброзе) и в конечном итоге выразить количественно степень ПВР [8]. В частности, комбинация ОКТ и КЛСО дает возможность исследовать глазное дно в перекрещивающихся плоскостях, что может быть полезно при морфометрическом анализе сложных поверхностей в случаях с регматогенной отслойкой сетчатки (рис. 5). Прогрессивным шагом в обработке и в качестве представления полученных данных является попытка создания на их основе 3D-реконструкции тканей. Существуют разработки, использующие для создания таких моделей данные УЗИ [9]. Перспективным также видится их дополнение данными КЛСО и ОКТ.

Помимо приведенных методов диагностики, известны и другие, позволяющие исследовать различные структуры глаза. Однако в силу своей узкой направленности они, по нашему мнению, в наименьшей степени подходят для сравнения в данном обзоре.

На основании литературных данных, а также результатов собственных исследований, был проведен сравнительный анализ диагностических возможностей различных видов офтальмоскопии, ультразвукового исследования, ОКТ и КЛСО в отношении качества визуализации структур стекловидного тела, сетчатки и сосудистой оболочки (табл.).

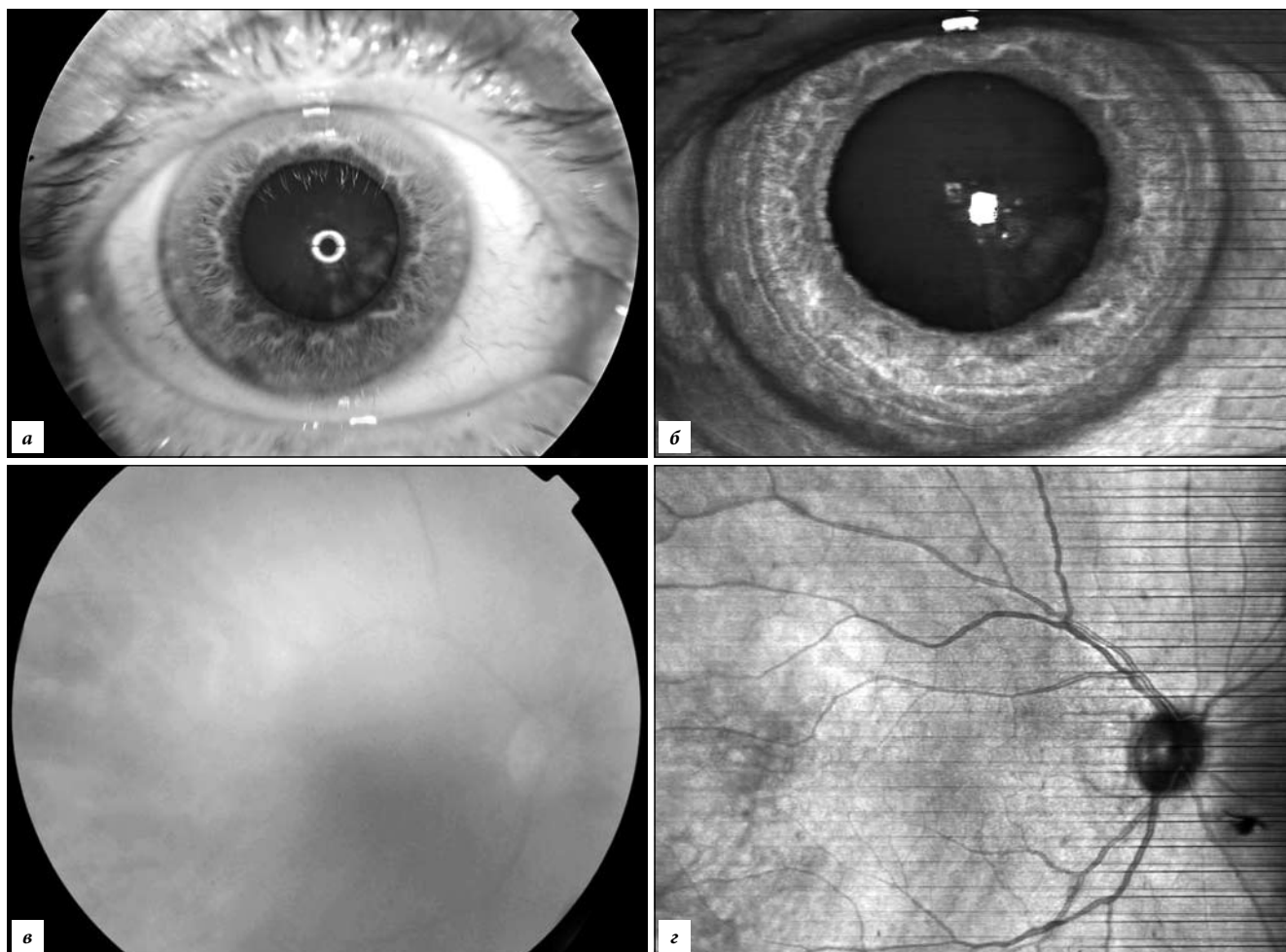


Рис. 4. Демонстрация клинического примера – начальная катаракта:

*a, б – на снимках переднего отрезка глаза определяется начальное помутнение хрусталика, локализованное на периферии с захватом оптической зоны (a – ретинальная камера, б – КЛСО); в – ретинальной камерой глазное дно просматривается под флером, структуры не дифференцируются; z – снимок КЛСО с использованием инфракрасного лазера и апертуры среднего диаметра позволяет визуализировать структуры глазного дна.*

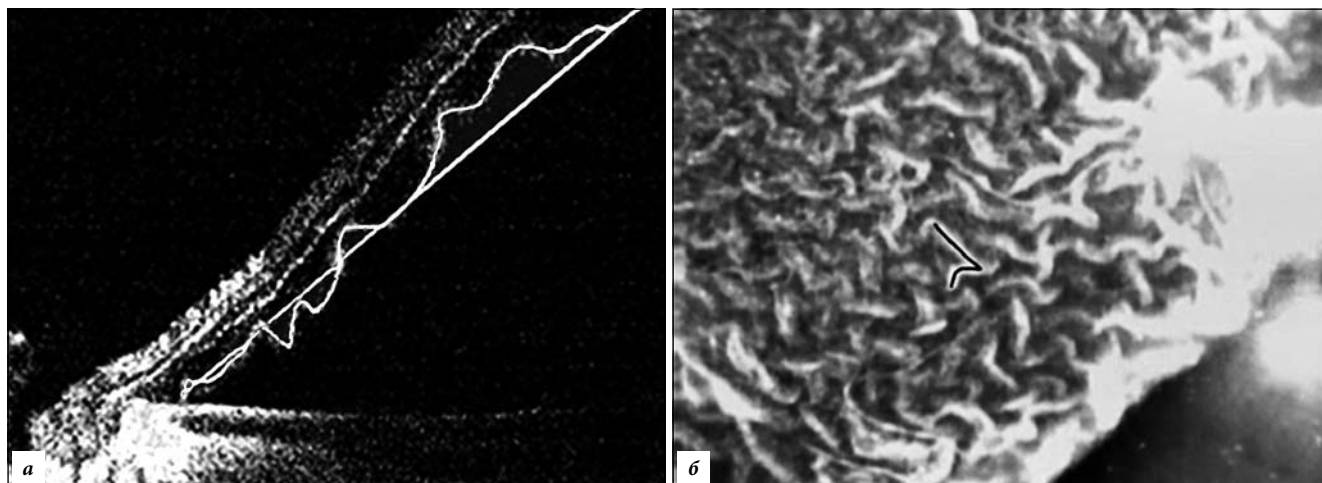


Рис. 5. Морфометрическое исследование складок отслоенной сетчатки:

*a – измерение длины поперечного профиля складок (ОКТ); б – измерение протяженности поверхности складки отслоенной сетчатки (КЛСО).*

Можно заключить, что наиболее полное представление о взаимоотношениях структур глазного дна и стекловидного тела обеспечивается:

1) совершенством офтальмологических навыков специалиста;

2) комплексным применением УЗИ, ОКТ и КЛСО наряду с использованием традиционных методов диагностики;

3) улучшением методов интерпретации полученной информации с помощью цифрового анализа данных.

Таблица

Сравнительный полуколичественный анализ возможностей различных методов визуализации в офтальмологии

| Оценочный признак                          | Офтальмоскопия | УЗИ | ОКТ | КЛСО |
|--|----------------|-----|-----|------|
| Осмотр центральных отделов глазного дна    | ++             | +   | +++ | +++  |
| Осмотр периферических отделов глазного дна | ++             | ++  | +   | +++  |
| Стекловидное тело                          | +              | +++ | +   | +++  |
| Задняя гиалоидная мембрана                 | ±              | +   | +++ | ++   |
| Внутренняя пограничная мембрана            | ±              | -   | +++ | +    |
| Сосуды сетчатки и их изменения             | +              | -   | +   | ++   |
| Дифференциация слоев сетчатки              | +              | -   | +++ | ++   |
| Сосудистая оболочка                        | +              | +   | ±   | ++   |

## References

- Antelava D.I., Pivovarov N.N., Safoyan A.A. Primary retinal detachment. Tbilisi: Sabochata Sakartvelo, 1989. 160 p.
- Balashevich L.I., Bayborodov Ya.V. Sparing surgery of vitreomacular interface pathology without vitrectomy // *Ophthalmic Surgery*. 2011. No. 3. P. 43–49.
- Vodovozov A.M. *Ophthalmochromoscopy*. M.: Meditsina, 1969. 160 p.
- Volkov V.V., Boyko E.V., Shishkin M.M. [et al.]. Closed eye injury (definition, prevalence rate, epidemiology, etiopathogenesis, hospital admission, diagnostics, classification) // *Ophthalmic Surgery*. 2005. No. 1. P. 13–17.
- Zakharov V.D., Kislitsyna N.M., Novikov S.V., Belikova S.V. Study of anatomical and topographic features of vitreoretinal interface structure in patients with rhegmatogenous retinal detachment during chromovitrectomy using suspension «Vitreakontrast» for intraoperative contrast of vitreous body structure // *Modern technologies of vitreoretinal pathology treatment: collected scientific papers*. M., 2012. P. 82–84.
- Zakharov V.D., Khodzhaev N.S., Gorshkov I.M., Malyatskiy I.A. Modern surgery of retinal detachment recurrence: literature review // *Ophthalmology*. 2012. Vol. 9, No. 1. P. 10–13.
- Smirnov E.V., Chernykh V.V., Chernykh D.V., Trunov A.N. Clinical justification of the combination treatment of rhegmatogenous retinal detachment // *Modern technologies of vitreoretinal pathology treatment: collected scientific papers*. M., 2012. P. 162–165.
- Sosnovskiy S.V., Boyko E.V., Kharitonova N.N. Justification and development of a quantitative assessment system of the proliferative vitreoretinopathy severity // *Ophthalmic Surgery*. 2009. No. 4. P. 25–29.
- Kharlap S.I., Avetisov K.S., Markosyan A.G., Vashkulatova E.A. Formation of ultrasonic diagnostic imaging of ocular tissues // *Annals of Ophthalmology*. 2010. Vol. 126, No. 4. P. 38–43.
- Shaimova V.A., Shaimov T.B., Shaimov R.B. [et al.]. Peripheral retinal dystrophy. StP.: Chelovek, 2015. 240 p.
- Shaimov R.B., Shaimova V.A., Galin A.Yu. [et al.]. Structure of traction influences of a vitreous body at peripheral retinal tears according to optical coherent tomography // *Point of view*. East-West. 2014. No. 1. P. 170–171.
- Shishkin M.M. Front proliferative vitreoretinopathy: MD, thesis. StP., 2000. 453 p.
- Caramoy A., Liakopoulos S., Menrath E., Kirchhof B. Autologous translocation of choroid and retinal pigment epithelium in geographic atrophy: long-term functional and anatomical outcome // *Br. J. Ophthalmol.* 2010. Vol. 94, No. 8. P. 1040–1044.
- Cardillo J.A., Stout J.T., La Bree L. [et al.]. Post-traumatic proliferative vitreoretinopathy. The epidemiologic profile, onset, risk factors and visual outcome // *Ophthalmology*. 1997. Vol. 104, No. 7. P. 1166–1173.
- Dithmar S., Schuett F., Voelcker H.E., Holz F.G. Delayed sequential occurrence of perfluorodecalin and silicone oil in the subretinal space following retinal detachment surgery in the presence of an optic disc pit // *Arch. Ophthalmol.* 2004. Vol. 122, No. 3. P. 409–411.
- Echegaray S., Zamora G., Yu H. [et al.]. Automated analysis of optic nerve images for detection and staging of papilledema // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2011. Vol. 52, No. 10. P. 7470–7478.
- Ferguson R.D., Zhong Z., Hammer D.X. et al. Adaptive optics scanning laser ophthalmoscope with integrated wide-field retinal imaging and tracking // *J. Opt. Soc. Am. A Opt. Image Sci. Vis.* 2010. Vol. 27, No. 11. P. 265–277.
- Gupta P., Yee K.M., Garcia P. [et al.]. Vitreoschisis in macular diseases // *Br. J. Ophthalmol.* 2011. Vol. 95, No. 3. P. 376–380.
- Kamppeiter B., Jonas J.B. A retinal pseudotumor: optical coherence tomography view through retino-vitreous proliferations // *Acta Ophthalmol. Scand.* 2004. Vol. 82, No. 2. P. 216–217.
- Kernt M., Kampik A. Imaging of the peripheral retina // *Oman J. Ophthalmol.* 2013. Vol. 6, Suppl. 1. P. 32–35.
- Kreissig I. Minimal surgery in retinal detachment. The clinical experience of 20 years // *Ophthalmol.* 1993. Vol. 37, No. 3. P. 221–233.
- Lewis G.P., Chapin E.A., Byun J. [et al.]. Muller cell reactivity and photoreceptor cell death are reduced after experimental retinal detachment using an inhibitor of the Akt/mTOR pathway // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2009. Vol. 50, No. 9. P. 4429–4435.
- Machemer R., Aaberg T.M., Freeman H.M. [et al.]. An updated classification of retinal detachment with proliferative vitreoretinopathy // *Am. J. Ophthalmol.* 1991. Vol. 112, No. 2. P. 159–165.
- Mitry D., Charteris D., Fleck B. [et al.]. The epidemiology of rhegmatogenous retinal detachment: geographical variation and clinical associations // *Br. J. Ophthalmol.* 2010. Vol. 94, No. 6. P. 678–684.
- Nigam N., Bartsch D.U., Cheng L. [et al.]. Spectral domain optical coherence tomography for imaging ERM, retinal edema, and vitreomacular interface // *Retina*. 2010. Vol. 30, No. 2. P. 246–253.
- Odrobina D.C., Michalewska Z., Michalewski J., Nawrocki J. High-speed, high-resolution spectral optical coherence tomography in patients after vitrectomy with internal limiting membrane peeling for proliferative vitreoretinopathy retinal detachment // *Retina*. 2010. Vol. 30, No. 6. P. 881–886.
- Patronas M., Kroll A.J., Lou P.L., Ryan E.A. A review of vitreoretinal interface pathology // *Int. Ophthalmol. Clin.* 2009. Vol. 49, No. 1. P. 133–143.
- Rahman R., Chaudhary R., Anand N. Verification of posterior hyaloid status during pars plana vitrectomy, after preoperative evaluation on optical coherence tomography // *Retina*. 2012. Vol. 32, No. 4. P. 706–710.
- Restori M. Imaging the vitreous: optical coherence tomography and ultrasound imaging // *Eye*. 2008. Vol. 22, No. 10. P. 1251–1256.
- Sabti K.A., Raizada S. Endoscope-assisted pars plana vitrectomy

- in severe ocular trauma // Br. J. Ophthalmol. 2012. Vol. 96, No. 11. P. 1399–1403.
31. Sebag J. Anatomy and pathology of the vitreo-retinal interface // Eye. 1992. Vol. 6, No. 6. P. 541–552.
32. Sebag J. To see the invisible: the quest of imaging vitreous // Dev. Ophthalmol. 2008. Vol. 42. P. 5–28.
33. Shanmugam M.P., Mishra D.K., Rajesh R., Madhukumar R. Unconventional techniques of fundus imaging: A review // Indian J. Ophthalmol. 2015. Vol. 63, No. 7. P. 582–585.
34. Silverman R.H., Ketterling J.A., Mamou J. [et al.]. Pulse-encoded ultrasound imaging of the vitreous with an annular array // Ophthalmic Surg. Lasers Imaging. 2012. Vol. 43, No. 1. P. 82–86.
35. Taneja N., Mathai A. Optical coherence tomography in patients with decreased visual acuity after successful surgery for proliferative vitreoretinopathy // Arch. Ophthalmol. 2007. Vol. 125, No. 6. P. 855.
36. Verma L.K., Peyman G.A., Wafapoor H. [et al.]. An analysis of posterior segment complications after vitrectomy using the perfluorocarbon perfluoroperhydrophenanthrene (Vitreon). Vitreous Collaborative Study // Ophthalmic Surg. 1995. Vol. 26, No. 1. P. 29–33.
37. Williamson T.H., Gupta B. Planned delayed relaxing retinotomy for proliferative vitreoretinopathy // Ophthalmic Surg. Lasers Imaging. 2010. Vol. 41, No. 1. P. 31–34.
38. Zhang J., Yang Q., Saito K. [et al.]. An adaptive optics imaging system designed for clinical use // Biomed. Opt. Express. 2015. Vol. 18, No. 6. P. 2120–2137.

Поступила в редакцию 14.06.2016.

#### CURRENT POSSIBILITIES OF VITREORETINAL STRUCTURE IMAGING: CHALLENGES AND PERSPECTIVES

E.V. Boyko<sup>1,2</sup>, A.A. Anisimov<sup>1</sup>, S.V. Churashov<sup>1</sup>, A.V. Yan<sup>1</sup>, R.S. Bareeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Military Medical Academy named after S.V. Kirov (6 Akademika Lebedeva St. St. Petersburg 194044 Russian Federation), <sup>2</sup> Inter-branch sci-tech complex 'Eye Microsurgery' named after S.N. Fedorov (21 Yaroslava Gasheka St. St. Petersburg 192283 Russian Federation)

**Summary.** Review covers the historical and practical problems of imaging of eye structures. It describes main complications related to full and correct diagnostics of vitreoretinal pathology including such diseases as rhegmatogenous retinal detachment, proliferative diabetic retinopathy, opened and closed eye injury, etc. It was conducted a detailed analysis of current method's features and diagnostics technologies in ophthalmology, and a contemporary analysis of their possibilities as well. We examined perspective elaborations having a big potential in accuracy increase and data integrity, and their further interpretation.

**Keywords:** vitreoretinal pathology, ultrasound examination, optic coherent tomography, confocal laser scanning ophthalmoscopy.

Pacific Medical Journal, 2016, No. 3, p. 5–11.

УДК 616.411-097.3:612.018.2

DOI: 10.17238/PmJ1609-1175.2016.3.11-14

## Роль мастоцитов в патогенезе аутоиммунного воспаления щитовидной железы

В.В. Здор, Б.И. Гельцер, Е.В. Маркелова

Тихоокеанский государственный медицинский университет (690950, г. Владивосток, пр-т Острякова, 2)

Обзор литературы о роли клеток врожденного иммунитета – мастоцитов – в патогенезе аутоиммунных заболеваний щитовидной железы. Большое количество работ на протяжении последних лет было посвящено исследованию новых иммунных свойств мастоцитов, в частности их влиянию на функцию Т-лимфоцитов через секрецию различных цитокинов. Однако они до конца не проявили предполагаемую способность мастоцитов непосредственно активировать Т-клетки через презентацию аутоантигена. Возможность экспрессии этими клетками антигенов II класса главного комплекса гистосовместимости также остается спорной. Рассмотрена гипотеза о том, что при соответствующем влиянии мастоциты могут регулировать функциональную активность иммуноцитов и щитовидной железы. В настоящее время этот феномен представляется триггерным механизмом патогенеза аутоиммунных заболеваний щитовидной железы.

**Ключевые слова:** тучные клетки, тиреоциты, иммуноциты, аутоиммунный тиреоидит.

В последние десятилетия фиксируется высокая частота распространения аутоиммунных заболеваний щитовидной железы (АЗЩЗ) во всем мире [7, 12]. При этом патогенез АЗЩЗ остается одной из актуальнейших проблем современной эндокринологии, а изучение причин и механизмов их развития продолжается до сих пор.

Активное внимание исследователей в последние годы привлекают клетки врожденного иммунитета – мастоциты (МЦ, лаброциты) [21, 33]. МЦ впервые описал Пауль Эрлих в 1878 г., им они были представлены в виде эффекторов аллергии, особенно на ранних этапах острых аллергических реакций [16]. До последнего времени МЦ в основном рассматривались

как индукторы и участники аллергических реакций, но к настоящему времени выявлена их регуляторная роль при взаимодействии с Т-лимфоцитами [38]. МЦ присутствуют практически во всех органах и тканях человека, выполняют множество функций практически во всех патологических процессах организма [35, 6]. До сих пор неизвестно, почему, например, большое количество МЦ находят в промежуточном мозге, регулируя эмоции, а эмоциональный стресс – наиболее распространенный триггерный фактор у пациентов с системным мастоцитозом, при котором обнаруживается достоверное увеличение количества и степени активации этих клеток [36].

МЦ есть у всех млекопитающих, и, возможно, отвечают за выживание вида путем регуляции системы иммунитета, защищая организм от внешних воздействий, поддерживая беременность. Однако при

Здор Виктория Владимировна – канд. мед. наук, ассистент кафедры нормальной и патологической физиологии человека ТГМУ; e-mail: victoria.zdor@mail.ru