

Роль оптической когерентной томографии в диагностике заболеваний закрытого угла передней камеры. Часть 2: Визуализация заднего сегмента глаза

Н.И. Курышева^{1,2,3}Г.А. Шарова⁴

¹ Медино-биологический университет инноваций и непрерывного образования ФГБУ ГНЦ РФ — «Федеральный биофизический центр им. А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства ул. Гамалеи, 15, Москва, 123098, Российская Федерация

² Консультативно-диагностический отдел Центра офтальмологии Федерального медико-биологического агентства, ФГБУ ГНЦ РФ — «Федеральный биофизический центр им. А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства ул. Гамалеи, 15, Москва, 123098, Российская Федерация

³ Академия постдипломного образования ФБГУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» Федерального медико-биологического агентства Волоколамское шоссе, 91, Москва, 125371, Российская Федерация ул. Гамалеи, 15, Москва, 123098, Российская Федерация

⁴ ООО «Глазная клиника доктора Беликовой» просп. Буденного, 26/2, Москва, 105118, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2021;18(3):381–388

Целью настоящей работы является обзор литературных данных, посвященный роли оптической когерентной томографии в диагностике заболеваний закрытого угла передней камеры. Представлен анализ применения современных технических устройств — оптической когерентной томографии заднего отрезка глаза, моделей с частотно-модулируемым источником (Swept Source). Появление новых технологий визуализации, таких как SS-OCT, способствует пониманию патогенеза заболеваний первичного закрытия угла передней камеры с точки зрения вовлечения в процесс сосудистой оболочки глаза. Более толстая сосудистая оболочка в макулярной зоне может быть анатомическим фактором риска развития заболеваний закрытого угла. Расширение anomalно толстой хориоидеи в сочетании с особенностями строения переднего сегмента на глазах с короткой аксиальной длиной, в том числе на фоне психоэмоционального стресса, может привести к приступу закрытия угла. Визуализация структур заднего сегмента глаза представляет собой важную часть стратегии с целью выявления факторов риска, диагностики, мониторинга и оценки эффективности лечения болезней первичного закрытия угла. Качественный и количественный анализ данных на основе оптической когерентной томографии существенно повышает точность диагностики, позволяет прогнозировать течение заболевания и определять его прогрессирование. Это играет ключевую роль в выборе тактики лечения закрытого угла передней камеры. В обзоре рассмотрено влияние местных гипотензивных препаратов на сосудистую оболочку глаза. **Заключение.** Оптическая когерентная томография является эталоном в современной диагностике и оценке эффективности лечения заболеваний первичного закрытия угла, позволяя лучше понять патогенез заболевания и его комплексный характер. Визуализация повышает возможности точной диагностики и правильного выбора тактики лечения.

Ключевые слова: заболевания закрытого угла передней камеры, первичная закрытоугольная глаукома, прогрессирование глаукомы, оптическая когерентная томография, толщина хориоидеи, SS-OCT

Для цитирования: Курышева Н.И., Шарова Г.А. Роль оптической когерентной томографии в диагностике заболеваний закрытого угла передней камеры. Часть 2: Визуализация заднего сегмента глаза. *Офтальмология*. 2021;18(3):381–388. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-3-381-388>

Прозрачность финансовой деятельности: Никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах

Конфликт интересов отсутствует



The Role of Optical Coherence Tomography in the Diagnosis of Angle Closed Diseases of the Anterior Chamber.

Part 2: Visualization of the Posterior Segment of the Eye

N.I. Kuryshcheva^{1,2,3}, G.A. Sharova⁴

¹ The Department of Eye Diseases at the Medical Biological University of Innovations and Continuing Education of the Federal Biophysical Center named after A.I. Burnazyan of FMBA of Russia
Gamalei str., 15, Moscow, 123098, Russian Federation

² Diagnostic Department of the Ophthalmological Center of Federal Medical-Biological Agency
Gamalei str., 15, Moscow, 123098, Russian Federation

³ Academy of postgraduate education under FSBU FSCC of FMBA of Russia
Gamalei str., 15, Moscow, 123098, Russian Federation

⁴ Ophthalmology Clinic of Dr. Belikova
Budenny ave., 26/2, Moscow, 105118, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2021;18(3):381–388

The purpose of this work is to review the literature data on the role of optical coherence tomography in the diagnosis of diseases of the closed angle of the anterior chamber. The analysis of the use of modern technical devices — optical coherence tomography of the posterior segment, models with a frequency-modulated source (Swept Source) is presented. The emergence of new imaging technologies such as SS-OCT contributes to understanding the pathogenesis of primary angle closure diseases in terms of involvement of the choroid in the process. A thicker choroid in the macular area may be an anatomical risk factor for closed angle disease. The expansion of an abnormally thick choroid in combination with the structural features of the anterior segment in eyes with a short axial length, including against the background of psychoemotional stress, can lead to an attack of angle closure. Visualization of the structures of the posterior segment of the eye is an important part of the strategy aimed at solving the problem of identifying risk factors, diagnosing, monitoring and evaluating the effectiveness of treatment of diseases of primary angle closure. Qualitative and quantitative data analysis based on optical coherence tomography significantly increases the diagnostic accuracy, allows to determine its progression and to predict its course. This plays a key role in the choice of treatment tactics for the anterior chamber angle closure. The review considers the effect of local antihypertensive eye drops on the choroid. **Conclusion.** Optical coherence tomography is a standard in modern diagnostics and evaluation of the effectiveness of treatment of diseases of primary angle closure, allowing a better understanding of the pathogenesis of the disease and its complex nature. Imaging improves the ability to accurately diagnose and choose the right treatment strategy.

Keywords: the anterior chamber angle closure diseases, primary angle-closure glaucoma, glaucoma progression, optical coherence tomography, choroidal thickness, SS-OCT

For citation: Kuryshcheva N.I., Sharova G.A. The Role of Optical Coherence Tomography in the Diagnosis of Angle Closed Diseases of the Anterior Chamber. Part 2: Visualization of the Posterior Segment of the Eye. *Ophthalmology in Russia*. 2021;18(3):381–388. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-3-381-388>

Financial Disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned

There is no conflict of interests

ВВЕДЕНИЕ

Патогенез заболеваний первичного закрытого угла сложен и многообразен. Долгие годы развитие заболевания связывали исключительно с анатомическими проблемами переднего сегмента глаза. Очевидно, что определение механизмов и факторов риска первичной блокады угла передней камеры в каждом конкретном случае имеет решающее значение для выбора стратегии лечения. Первая часть данного обзора была посвящена именно этой проблеме. Однако по мере внедрения в практику оптической когерентной томографии (ОКТ), особенно новой модели ОКТ с частотно-модулируемым источником (Swept Source), появилась возможность для лучшей визуализации глубоких слоев глаза, таких как хориоидея и склера. Активно началось изучение роли сосудистой оболочки в патогенезе заболеваний закрытого угла передней камеры.

В настоящей части обзора будет представлена концепция роли хориоидеи в патогенезе указанной патологии, а также рассмотрены технологии, направленные на определение прогрессирования глаукомной оптико-нейропатии при закрытом угле передней камеры.

ПРЕИМУЩЕСТВА ВИЗУАЛИЗАЦИИ SWEPT SOURCE-ОКТ НАД СПЕКТРАЛЬНОЙ ОКТ

До внедрения ОКТ в клиническую практику для изучения хориоидеи использовались другие методы с низким пространственным разрешением (ультразвуковое А-, В-сканирование, ультразвуковая биомикроскопия, флюоресцентная ангиография и индоцианин-зеленая ангиография) и отсутствием объективной количественной оценки, что ограничивало ученых в исследовании сосудистой оболочки. С применением режима расширенной глубинной визуализации на ОКТ морфология хориоидеи стала доступной [1].

Н.И. Курышева, Г.А. Шарова

Технологии совершенствовались, на смену спектральной ОКТ пришла ОКТ с частотно-модулируемым источником Swept Source (SS-ОКТ), обладающая меньшим рассеиванием сигнала по мере увеличения глубины сканирования. В 2010 г. компания Торсон выпустила первый коммерческий ОКТ с частотно-модулируемым источником (Swept Source) DRI OCT Atlantis, через три года вышла новая модель DRI OCT Triton, получившая регистрацию на территории Российской Федерации в 2018 г. Использование длины волны 1050 нм с высокой проникаемостью в глубокие слои и меньшее отражение на уровне пигментного эпителия сетчатки позволяют визуализировать хориоидею и склеру.

На рисунке 1 показано снижение чувствительности сигнала на глубине сканирования длиной 850 нм и сохранение для 1050 нм, что связано с меньшим рассеиванием излучения при длине волны 1050 нм.

Неоспоримым преимуществом SS-ОКТ над спектральной (SD-ОКТ) является высокая скорость сканирования, например DRI OCT Triton выполняет 100 000 А-сканов в секунду. С увеличением скорости сканирования реализуется возможность выполнения более длинных сканов для создания подробных карт, в том числе толщины хориоидеи (ТХ). Среди SS-ОКТ только DRI OCT Triton автоматически распознает границы сосудистой оболочки для построения карт толщины хориоидеи. Хориоидея определяется как пространство между наружной границей пигментного эпителия и внутренней границей склеры (рис. 2).

SS-ОКТ более эффективно справляется с микродвижением глаз и шумоподавлением. Ад и соавт. пришли к выводу, что хориоидально-склеральный интерфейс четко визуализируется в 19/19 (100 %) глаз при проведении SS-ОКТ по сравнению с 14/19 (74 %) и 13/19 (68 %) глаз при выполнении SD-ОКТ с режимом расширенной

глубинной визуализации и без него соответственно. Сделан вывод, что толщина хориоидеи на SS-ОКТ относительно SD-ОКТ визуализируется лучше [2]. Кроме

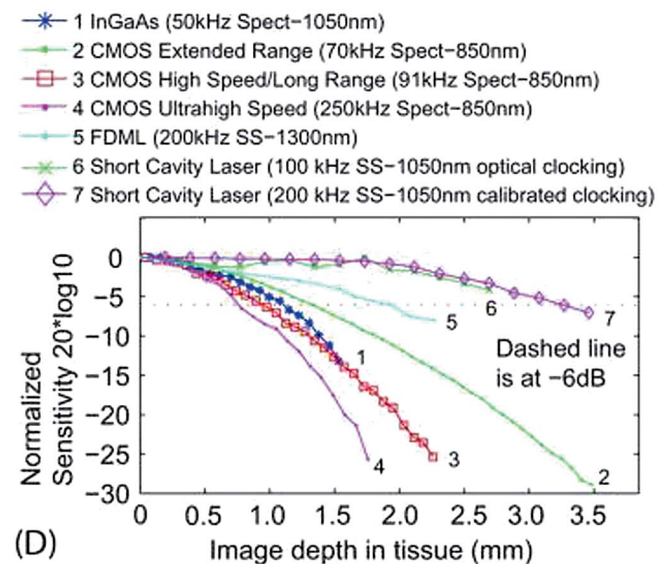


Рис. 1. Сравнение характеристик снижения чувствительности для различных технологий ОКТ

Цит. по: Potsaid B., Baumann B., Huang D., Barry S., Cable A.E., Schuman J.S., et al. Ultrahigh speed 1050nm swept source/Fourier domain OCT retinal and anterior segment imaging at 100,000 to 400,000 axial scans per second. Opt Express. 2010 Sep 13;18(19):20029-48. DOI: 10.1364/OE.18.020029

Fig. 1. Comparison of sensitivity roll-off performance for different OCT technologies

Cited by: Potsaid B., Baumann B., Huang D., Barry S., Cable A.E., Schuman J.S., et al. Ultrahigh speed 1050nm swept source/Fourier domain OCT retinal and anterior segment imaging at 100,000 to 400,000 axial scans per second. Opt Express. 2010 Sep 13;18(19):20029-48. DOI: 10.1364/OE.18.020029

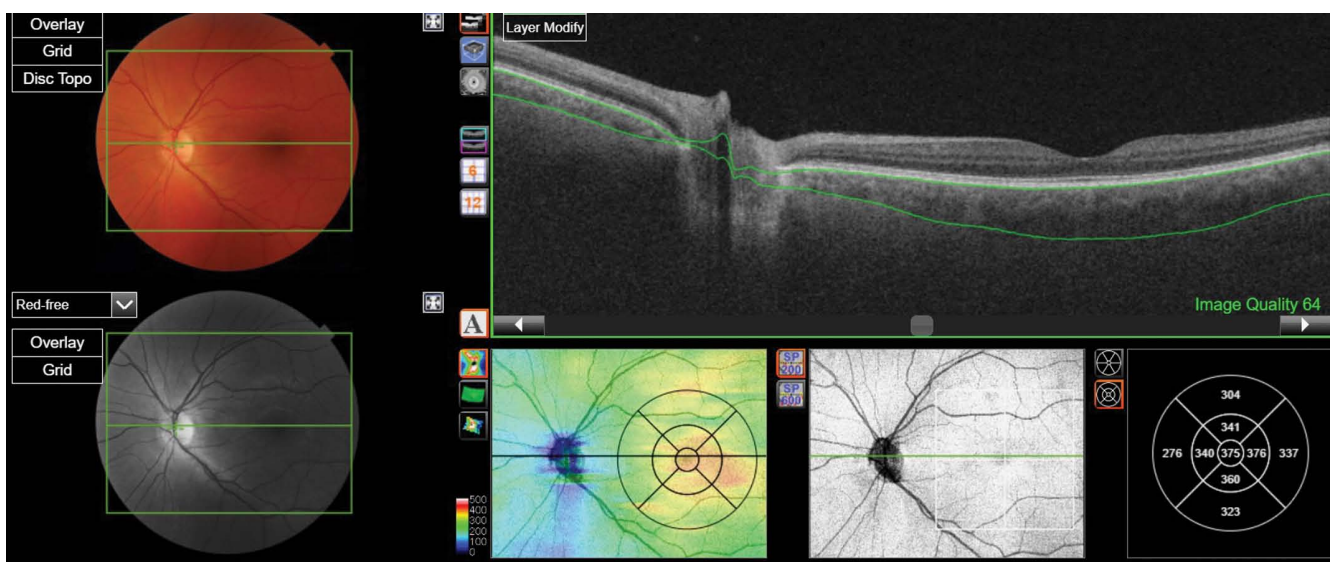


Рис. 2. Карты толщины хориоидеи на ОКТ (Торсон)

Fig. 2. Choroidal thickness maps on OCT (Topcon)

того, продемонстрировано преимущество SS-OCT в определении задней границы хориоидеи со склерой [3] и в оценке изображений с непрозрачными оптическими средами [4].

Указанные технологии способствовали более углубленному изучению патогенеза заболеваний первичного закрытия угла.

ТЕОРИЯ ХОРИОИДАЛЬНОЙ ЭКСПАНСИИ

Расширение хориоидеи — еще одно динамическое явление, найденное у пациентов с заболеваниями первичного закрытого угла [5–7]. Quigley и соавт. предположили, что расширение хориоидеи может приводить к повышению ВГД и смещению иридохрусталиковой диафрагмы вперед, провоцируя острый приступ закрытого угла и развитие злокачественной глаукомы [8, 9]. Возможно, патогенез связан с увеличением объема внесосудистого пространства хориоидеи за счет богатой протеинами жидкости, которая должна уйти через склеру, но в силу нарушения ее свойств на глазах с коротким аксиальным размером этого не происходит.

Было замечено, что увеличение внутриглазного давления (ВГД) пропорционально расширению сосудистой оболочки, но точно этот факт считать доказанным еще рано [10]. Kim и соавт., учитывая компенсаторный механизм хориоидального кровоснабжения для лучшей перфузии, предполагают наличие взаимосвязи между низким перфузионным давлением и толстой хориоидеей [11]. Но и это является пока лишь предположением. Так, например, Li и соавт. не выявили корреляцию между толщиной хориоидеи (ТХ) и перфузионным давлением [12].

Многочисленные исследования демонстрируют высокую вариабельность ТХ в популяции за счет влияния системных и демографических факторов. Большинство авторов признают зависимость ТХ от аксиальной длины глаза и возраста. Zhang и соавт. [13] обнаружили, что пожилой возраст и увеличение аксиальной длины глаза ассоциированы с более тонкой сосудистой оболочкой в заднем отделе, что согласуется с исследованием Wei и соавт. [14]. Однако Gao и соавт. не обнаружили различий в толщине фовеальной хориоидеи (ТХф) у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) с теми, у кого имеется заболевание закрытого угла, а также у здоровых лиц. Они также не нашли корреляции с возрастом, полом и аксиальной длиной [15].

Большинство исследователей приходит к выводу, что ТХ больше в глазах с заболеваниями первичного закрытого угла. Zhou и соавт. продемонстрировали, что ТХф во всех подтипах заболеваний закрытого угла (подозрение на первичное закрытие угла (ППЗУ), первичное закрытие угла (ПЗУ), первичная закрытоугольная глаукома (ПЗУГ), острый приступ первичного закрытия угла) была больше, чем в контрольной группе при здоровых глазах [16]. Arora и соавт. [17] пришли к выводу, что ТХ в глазах с ПЗУГ выше, чем в глазах с первичной

открытоугольной глаукомой (ПОУГ) и нормальных глазах, без существенной разницы между глазами с ПОУГ и нормальными глазами. Наши данные согласуются с исследованием Arora и соавт., согласно которым ТХ больше в глазах с ПЗУГ, чем в глазах с ПОУГ [18].

Дискутируется состояние хориоидеи при остром приступе закрытого угла. Zhou и соавт. обнаружили, что фовеальная хориоидея была значительно толще в парных глазах у пациентов с односторонним острым приступом закрытия угла по сравнению с тем, что имеет место в нормальных глазах [19]. Wang и соавт. также сообщили, что глаза с острым приступом закрытия угла после снижения ВГД имели более толстую фовеальную сосудистую оболочку, чем парные глаза с ППЗУ [20]. После поправки на возраст и осевую длину эти выводы остались без изменений. Исследования Huang и соавт. также показали, что глаза с острым приступом имели самую толстую хориоидею, за ней следовали данные глаз с ППЗУ и/или ПЗУ, ПЗУГ и нормальных глаз [21]. Эти результаты соответствовали гипотезе, сформулированной Quigley и соавт., которые подчеркнули важность аномально толстой сосудистой оболочки в патофизиологии болезни закрытого угла.

Однако и в этом вопросе остаются противоречия. Так, Nata и соавт., выполняя темновой провокационный тест на глазах с ПЗУ, наблюдали истончение сосудистой оболочки с удлинением аксиальной длины в ответ на повышение ВГД [22]. Song и соавт. обнаружили, что ТХ в макуле и перипапиллярной области были значительно меньше в глазах с острым приступом закрытия угла и высоким ВГД, чем в парных глазах с нормальным ВГД [23]. Song высказал предположение, что если во время начала приступа при повышении ВГД сосудистая оболочка утолщается, то далее она может истончаться вторично именно вследствие значительной гипертензии.

Ряд исследователей не подтверждают значимых различий в субфовеальной и перипапиллярной ТХ между пациентами с глаукомой и здоровыми глазами, исследованными с помощью SS-OCT [13]. Трудности в определении границ ТХ во время приступа закрытого угла связаны с экранизацией ОКТ-сигнала отечной роговицей, с узким полем сканирования на миотическом зрачке, а также с проблемами фиксации взгляда пациента в условиях мутных сред и возможного болевого синдрома. Необходимы дальнейшие исследования с целью изучения ТХ в начале приступа и на его пике. Скорее всего, технологии будут усовершенствованы за счет увеличения оптического аксиального разрешения томографов и за счет улучшения программной обработки первичных сканов (например, усреднение сканов, чтобы удавалось «видеть невидимое»).

Оригинальная точка зрения по поводу участия переднего отдела сосудистой оболочки в патогенезе заболеваний закрытого угла высказана рядом исследователей. Li и соавт. считают, что расширение переднего отдела хориоидеи является предиктором закрытия угла

[24]. Предположения основаны на утолщении переднего отдела сосудистой оболочки при выполнении пробы Вальсальвы на 54 здоровых добровольцах. При помощи ультразвуковой биометрии зафиксировано увеличение толщины переднего отдела сосудистой оболочки на расстоянии 4 мм от корня радужки. Измерение толщины заднего отдела сосудистой оболочки выполняли с помощью SS-OCT, при этом исследователи не зафиксировали разницу в показателях до и после пробы Вальсальвы. В последующем исследовании эти же авторы сравнивали толщину переднего и заднего отдела хориоидеи у пациентов с первичным закрытием угла, ПОУГ и в контрольной группе здоровых добровольцев [15]. Исследователи пришли к выводу, что именно передний отдел сосудистой оболочки играет важную роль в патогенезе глаукомы, так как в глазах с ПОУГ и заболеваниями закрытого угла в переднем отделе сосудистая оболочка была толще, чем в контрольной группе.

ИЗМЕНЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ХОРИОИДЕИ В СВЯЗИ С ЛЕЧЕНИЕМ ПЗУ И ПЗУГ. РОЛЬ СИНУСТРАБЕКУЛЯТОМИИ В ИЗМЕНЕНИИ ТОЛЩИНЫ ХОРИОИДЕИ

Изучение толщины сосудистой оболочки после трабекулэктомии косвенно указывает на заинтересованность хориоидеи в патогенезе развития закрытого угла. Chen и соавт. наблюдали увеличение ТХ на глазах с ПЗУГ через 7 дней после трабекулэктомии, но без корреляции с ВГД и аксиальной длиной [25]. Также Usui и соавт. выявили, что через шесть дней после трабекулэктомии сосудистая оболочка была толще, аксиальная длина короче, а ВГД ниже, однако ВГД не коррелировало с ТХ в макулярной зоне [26].

Saeedi и соавт. обнаружили, что из 15 пациентов с глаукомой один пациент с ПЗУГ и один пациент с врожденной глаукомой демонстрировали увеличение ТХ на 3,4 мкм на каждый мм рт. ст. снижения ВГД после трабекулэктомии [27].

В целом исследования, в которых сравнивали изменения сосудистой оболочки до и после трабекулэктомии, доказывают, что ТХ связана с уровнем ВГД [28]. Таким образом, при увеличении ВГД сосудистая оболочка становится тоньше, а склера расширяется.

ВЛИЯНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ТОЛЩИНУ ХОРИОИДЕИ

Вовлеченность хориоидеи в патогенез заболеваний закрытого угла подтверждает факт влияния лекарственных средств (сульфаниламидов, например топирамата, тетрациклинов, диуретиков, ингибиторов серотонина) на хориоидальную эффузию с вторичным закрытием угла. Примечательно, что в этих случаях отсутствует зрачковый блок и не эффективна лазерная иридотомия [29].

Тимолол, дорзоламид, митомицин С также могут провоцировать хориоидальную эффузию у пациентов после трабекулэктомии [30]. Sakai и соавт. сообщили

о случаях хориоидальной эффузии после лазерной иридотомии [31]. Хориоидальный выпот может возникнуть в глазах с хронической ПЗУГ или после острого приступа как на фоне местного, так и системного применения ингибиторов карбангидразы. В литературе описано несколько таких случаев [32–37]. По данным Donmez и соавт., хориоидальная эффузия на фоне применения ингибиторов карбангидразы может развиваться сразу на обоих глазах [38]. При этом возможно развитие отека цилиарного тела, отслойка хориоидеи и смещение кпереди иридо-хрусталиковой диафрагмы. Мы также наблюдали случай хориоидальной эффузии на фоне применения ингибиторов карбангидразы у пациентки с ПЗУГ [39].

Так почему же возникает приступ закрытия угла? Дебаты по этому поводу продолжаются. Появление новых технологий визуализации, таких как SS-OCT, способствует пониманию патогенеза заболеваний первичного закрытия угла. Более толстая сосудистая оболочка в области макулы может быть анатомическим фактором риска развития заболеваний закрытого угла. Расширение аномально толстой хориоидеи в сочетании с особенностями строения переднего сегмента на глазах с короткой аксиальной длиной, в том числе на фоне психоэмоционального стресса, может привести к приступу закрытия угла. Очевидно, для более четкого понимания всей картины необходимы дальнейшие исследования с одновременной оценкой состояния переднего и заднего отрезка глаза.

Поскольку увеличение ТХф является независимым предиктором развития ПЗУГ и характеризует ее хроническую форму [20], то с помощью ОКТ-визуализации возможно прогнозировать течение ПЗУГ. Согласно нашим исследованиям прогрессирование ПЗУГ ассоциировано именно с увеличением ТХ [40].

РОЛЬ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРОГРЕССИРОВАНИЯ ГЛАУКОМНОЙ ОПТИКОНЕЙРОПАТИИ, СВЯЗАННОЙ С ЗАКРЫТЫМ УГЛОМ ПЕРЕДНЕЙ КАМЕРЫ

По мере того как закрытие угла передней камеры (УПК) приводит к стойкому повышению ВГД, в процесс вовлекается зрительный нерв, что означает развитие ПЗУГ. Следует подчеркнуть, что хотя в целом в мире ПЗУГ встречается в 3 раза реже, чем ПОУГ, количество слепых от этого заболевания аналогично тому, что имеет место при открытоугольной форме глаукомы [41]. Это убедительно свидетельствует о более агрессивном течении ПЗУГ по сравнению с ПОУГ [42, 43]. Вместе с тем если прогрессированию ПОУГ в литературе последних лет уделено много внимания [44–46], то при ПЗУГ эта проблема не исследована, а единичные публикации, касающиеся ПЗУГ, основываются на данных периметрии [47–50].

Наблюдая в проспективном исследовании в течение 6 лет за больными ПОУГ и ПЗУГ, Н.И. Курышева и соавт. впервые отметили, что, в отличие от ПОУГ, при ПЗУГ

истончение внутренних слоев сетчатки, содержащих ганглиозные клетки, может в большей степени определять прогноз появления последующих дефектов полей зрения, чем потеря слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) [51]. Скорость истончения последних составила $-2,95 \pm 1,85 \mu\text{m}/\text{yr}$ при ПЗУГ (при ПОУГ $-1,64 \pm 2,00 \mu\text{m}/\text{yr}$, $p = 0,018$), в то время как для ганглиозного комплекса сетчатки эта скорость при ПЗУГ составила $3,22 \pm 2,96 \mu\text{m}/\text{yr}$ (при ПОУГ $-174 \pm 2,05 \mu\text{m}/\text{yr}$, $p = 0,046$). Количество больных с быстрым прогрессированием ПЗУГ в этом исследовании было выше, чем при ПОУГ, в 2 раза, а скорость распада зрительных функций при ПЗУГ достоверно коррелировала именно с истончением ганглиозного слоя ($r = 0,330$, $p = 0,027$), но не СНВС ($r = -0,010$, $p = 0,79$) и была сильно связана с длительными флуктуациями ВГД (cutoff > 5,2 mm Hg), а также толщиной хрусталика (cutoff > 4,92 mm). Авторы объяснили раннее вовлечение внутренних слоев сетчатки в макуле в процесс прогрессирования ПЗУГ наличием в ней зоны, особо чувствительной к флуктуациям ВГД («уязвимая зона макулы») [52]. Это совпадает с недавно полученными сведениями о том, что существенное прогрессирование дефектов полей зрения при ПЗУГ ассоциировано с плотностью капиллярной сети в поверхностном сосудистом сплетении макулы: каждому 1 % этого снижения соответствовало ускорение прогрессирования ПЗУГ на 0,04 dB/year, причем эта связь была сильнее, чем для плотности капиллярной сети в перипапиллярной сетчатке [53].

Роль снижения микроциркуляции в прогрессировании глаукомной оптиконейропатии отмечалась также авторами в других исследованиях [54]. Было высказано предположение о более диффузном расположении структурных потерь при ПЗУГ, чем при ПОУГ, что совпадает

с данными литературы о более диффузном функциональном дефекте при ПЗУГ, нередко с вовлечением центральных отделов [55–58], в то время как при ПОУГ он чаще носит фокальный характер.

В целом можно заключить, что проблема определения прогрессирования ПЗУГ методом оптической когерентной томографии остается открытой и ждет своего решения. Значительным подспорьем в этом плане должна стать ОКТ с функцией ангиографии. Особую роль предстоит сыграть ОКТА при исследовании кровотока в хориокапиллярах. В настоящее время исследования при ПЗУГ на эту тему отсутствуют.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основываясь на представленных выше данных, можно резюмировать, что визуализация структур переднего и заднего сегмента глаза представляет собой важную часть стратегии, направленной на решение проблемы выявления факторов риска, диагностику, мониторинг и оценку эффективности лечения болезней первичного закрытия угла. Качественный и количественный анализ данных на основе оптической когерентной томографии существенно повышает точность диагностики, что, несомненно, играет ключевую роль в выборе тактики лечения закрытого угла передней камеры. Важную роль предстоит сыграть оптической когерентной томографии в понимании патогенеза болезней закрытого угла и определении прогрессирования оптической нейропатии при данной патологии.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Курьшева Н.И. — концепция и дизайн исследования, научное редактирование, поиск и анализ данных, написание текста, подготовка иллюстраций; Шарова Г.А. — поиск и анализ данных, написание текста, техническое редактирование, подготовка иллюстраций.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Spaide R.F., Koizumi H., Pozzoni M.C. Enhanced depth imaging spectral-domain optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol.* 2008 Oct;146(4):496–500. DOI: 10.1016/j.ajo.2008.05.032
- Adhi M., Liu J.J., Qavi A.H., Grulkowski I., Lu C.D., Mohler K.J., Ferrara D., Kraus M.F., Bauman C.R., Witkin A.J., Waheed N.K., Hornegger J., Fujimoto J.G., Duker J.S. Choroidal analysis in healthy eyes using swept-source optical coherence tomography compared to spectral domain optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol.* 2014 Jun;157(6):1272–1281.e1. DOI: 10.1016/j.ajo.2014.02.034
- Park H.Y., Shin H.Y., Park C.K. Imaging the posterior segment of the eye using swept-source optical coherence tomography in myopic glaucoma eyes: comparison with enhanced-depth imaging. *Am J Ophthalmol.* 2014 Mar;157(3):550–557. DOI: 10.1016/j.ajo.2013.11.008
- Hong E.H., Seung Hun Park, Lee J.W., Lee J.H., Song I.S., Lee B.R. Comparison of Image Quality between Swept-Source and Spectral-Domain Optical Coherence Tomography According to Ocular Media Opacity. *Journal of The Korean Ophthalmological Society.* 2016;(57):248–255. DOI: 10.3341/jkos.2016.57.2.248
- Friedman D.S., Gazzard G., Foster P., Devereux J., Broman A., Quigley H., Tielsch J., Seah S. Ultrasonographic biomicroscopy, Scheimpflug photography, and novel provocative tests in contralateral eyes of Chinese patients initially seen with acute angle closure. *Arch Ophthalmol.* 2003 May;121(5):633–642. DOI: 10.1001/archoph.121.5.633
- Gazzard G., Friedman D.S., Devereux J., Seah S. Primary acute angle closure glaucoma associated with suprachoroidal fluid in three Chinese patients. *Eye (Lond).* 2001 Jun;15(Pt 3):358–360. DOI: 10.1038/eye.2001.124
- Xinping Y., Weihua P., Mei R., Jia Q. Supraciliochoroidal fluid incidence at the early stage after trabeculectomy: study with anterior segment optical coherence tomography. *Curr Eye Res.* 2011 Sep;36(9):818–823. DOI: 10.3109/02713683.2011.593724
- Quigley H.A. What's the choroid got to do with angle closure? *Arch Ophthalmol.* 2009 May;127(5):693–694. DOI: 10.1001/archophthalmol.2009.8
- Quigley H.A. Angle-closure glaucoma—simpler answers to complex mechanisms: LXVI Edward Jackson Memorial Lecture. *Am J Ophthalmol.* 2009 Nov;148(5):657–669.e1. DOI: 10.1016/j.ajo.2009.08.009
- Quigley H.A., Friedman D.S., Congdon N.G. Possible mechanisms of primary angle-closure and malignant glaucoma. *J Glaucoma.* 2003 Apr;12(2):167–180. DOI: 10.1097/00061198-200304000-00013
- Kim M., Kim S.S., Kwon H.J., Koh H.J., Lee S.C. Association between choroidal thickness and ocular perfusion pressure in young, healthy subjects: enhanced depth imaging optical coherence tomography study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012 Nov 27;53(12):7710–7717. DOI: 10.1167/iovs.12-10464
- Li X.Q., Larsen M., Munch I.C. Subfoveal choroidal thickness in relation to sex and axial length in 93 Danish university students. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011;52(11):8438–8441.
- Zhang C., Tatham A.J., Medeiros F.A., Zangwill L.M., Yang Z., Weinreb R.N. Assessment of choroidal thickness in healthy and glaucomatous eyes using swept source optical coherence tomography. *PLoS One.* 2014 Oct 8;9(10):e109683. DOI: 10.1371/journal.pone.0109683
- Wei W.B., Xu L., Jonas J.B. Subfoveal choroidal thickness: the Beijing Eye Study. *Ophthalmology.* 2013;120:175–180.
- Gao K., Li F., Li Y., Li X., Huang W., Chen S., Liu Y., Aung T., Zhang X. Anterior Choroidal Thickness Increased in Primary Open-Angle Glaucoma and Primary Angle-Closure Disease Eyes Evidenced by Ultrasound Biomicroscopy and SS-OCT. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2018 Mar 1;59(3):1270–1277. DOI: 10.1167/iovs.17-23037
- Zhou M., Wang W., Huang W., Gao X., Li Z., Li X., Zhang X. Is increased choroidal thickness association with primary angle closure? *Acta Ophthalmol.* 2014 Nov;92(7):e514–e520. DOI: 10.1111/aos.12403
- Arora K.S., Jefferys J.L., Maul E.A., Quigley H.A. Choroidal Thickness Increase Is Different among Angle-Closure Versus Open-Angle Eyes but Does Not Explain IOP Rise after Water Drinking. *ARVO Meeting Abstracts.* 2012;53(6):4173.
- Курьшева Н.И., Бояринцева М.А., Фомин А.В. Хориоидея при первичной закрытоугольной глаукоме: результаты исследования методом оптической когерентной томографии. *Офтальмология.* 2013;10(4):26–31. [Kuryshva N.I., Boyarinceva M.A., Fomin A.V. Choroidal thickness in primary angle-closure glau-

- coma: the results of Measurement by Means of Optical Coherence Tomography. *Ophthalmology in Russia = Oftalmologiya*. 2013;10(4):26–31 (In Russ.]. DOI: 10.18008/1816-5095-2013-4-26-31
19. Zhou M., Wang W., Ding X., Huang W., Chen S., Laties A.M., Zhang X. Choroidal thickness in fellow eyes of patients with acute primary angle-closure measured by enhanced depth imaging spectral-domain optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013 Mar 19;54(3):1971–1978. DOI: 10.1167/iops.12-11090
 20. Wang W., Zhou M., Huang W., Chen S., Ding X., Zhang X. Does acute primary angle-closure cause an increased choroidal thickness? *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013 May 1;54(5):3538–3545. DOI: 10.1167/iops.13-11728
 21. Huang W., Wang W., Gao X., Li X., Li Z., Zhou M., Chen S., Zhang X. Choroidal thickness in the subtypes of angle closure: an EDI-OCT study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013 Dec 2;54(13):7849–7853. DOI: 10.1167/iops
 22. Hata M., Hirose F., Oishi A., Hirami Y., Kurimoto Y. Changes in choroidal thickness and optical axial length accompanying intraocular pressure increase. *Jpn J Ophthalmol*. 2012 Nov;56(6):564–568. DOI: 10.1007/s10384-012-0173-0
 23. Song W., Huang P., Dong X., Li X., Zhang C. Choroidal Thickness Decreased in Acute Primary Angle Closure Attacks with Elevated Intraocular Pressure. *Curr Eye Res*. 2016 Apr;41(4):526–531. DOI: 10.3109/02713683.2015.1037002
 24. Li F., Gao K., Li X., Chen S., Huang W., Zhang X. Anterior but not posterior choroid changed before and during Valsalva manoeuvre in healthy Chinese: a UBM and SS-OCT study. *Br J Ophthalmol*. 2017 Dec;101(12):1714–1719. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2016-309881
 25. Chen S., Wang W., Gao X., Li Z., Huang W., Li X., Zhou M., Zhang X. Changes in choroidal thickness after trabeculectomy in primary angle closure glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014 Apr 21;55(4):2608–2613. DOI: 10.1167/iops.13-13595
 26. Usui S., Ikuno Y., Uematsu S., Morimoto Y., Yasuno Y., Otori Y. Changes in axial length and choroidal thickness after trabeculectomy resulting from reduction of intraocular pressure. *Clin Ophthalmol*. 2013;7:1155–1161. DOI: 10.2147/OPHT.S44884
 27. Saedi O., Pillar A., Jefferys J., Arora K., Friedman D., Quigley H. Change in choroidal thickness and axial length with change in intraocular pressure after trabeculectomy. *Br J Ophthalmol*. 2014 Jul;98(7):976–979. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2013-30443
 28. Kara N., Baz O., Altan C., Satana B., Kurt T., Demirok A. Changes in choroidal thickness, axial length, and ocular perfusion pressure accompanying successful glaucoma filtration surgery. *Eye (Lond)*. 2013 Aug;27(8):940–945. DOI: 10.1038/eye.2013.116
 29. Reddy A.C., Salim S. Diagnosis and management of choroidal effusions. *Eyenet*. 2012;47–49.
 30. Callahan C., Ayyala R.S. Hypotony and choroidal effusion induced by topical timolol and dorzolamide in patients with previous glaucoma drainage device implantation. *Ophthalmol Surg Lasers Imaging*. 2003 Nov-Dec;34(6):467–469.
 31. Sakai H., Ishikawa H., Shinzato M., Nakamura Y., Sakai M., Sawaguchi S. Prevalence of ciliochoroidal effusion after prophylactic laser iridotomy. *Am J Ophthalmol*. 2003 Sep;136(3):537–538. DOI: 10.1016/s0002-9394(03)00238-1
 32. Goldberg S., Gallily R., Bishara S., Blumenthal E.Z. Dorzolamide-induced choroidal detachment in a surgically untreated eye. *American journal of ophthalmology*. 2004 Aug;138(2):285–286. DOI: 10.1016/j.ajo.2004.02.070
 33. Malagola R., Arrico L., Giannotti R., Pattavina L. Acetazolamide-induced ciliochoroidal effusion after cataract surgery: unusual posterior involvement. *Drug Des Devel Ther*. 2013;7:33–36. DOI: 10.2147/DDDT.S38324
 34. Parthasarathi S., Myint K., Singh G., Mon S., Sadasivam P., Dhillon B. Bilateral acetazolamide-induced choroidal effusion following cataract surgery. *Eye (Lond)*. 2007 Jun;21(6):870–872. DOI: 10.1038/sj.eye.6702741
 35. Mancino R., Varesi C., Cerulli A., Aiello F., Nucci C. Acute bilateral angle-closure glaucoma and choroidal effusion associated with acetazolamide administration after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2011 Feb;37(2):415–417.
 36. Davani S., Delbosc B., Royer B., Kantelip J.P. Choroidal detachment induced by dorzolamide 20 years after cataract surgery. *Br J Ophthalmol*. 2002 Dec;86(12):1457–1458. DOI: 10.1136/bjo.86.12.1457
 37. Doherty M.D., Wride N.K., Birch M.K., Figueiredo F.C. Choroidal detachment in association with topical dorzolamide: is hypotony always the cause? *Clin Exp Ophthalmol*. 2009 Sep;37(7):750–752. DOI: 10.1111/j.1442-9071.2009.02113.x
 38. Donmez O., Kilinc H., Ozbek Z., Saatci A.O. Bilateral Choroidal Detachment Induced by Unilateral Application of a Fixed Combination of Topical Timolol Maleate and Brinzolamide. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol*. 2016 Winter;5(4):121–124.
 39. Курьшева Н.И., Перерва О.А., Иванова А.А., Шарова Г.А. Клинический случай развития хориоидальной эффузии на фоне применения ингибиторов карбоангидразы. *Офтальмохирургия*. 2021;1: 63–67. [Kuryshva N.I., Perer-
 - va O.A., Ivanova A.A., Sharova G.A. A clinical case of choroidal effusion associated with the use of carbonic anhydrase inhibitors. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery = Oftalmokhirurgiya*. 2021;1:63–67 (In Russ.]. DOI: 10.25276/0235-4160-2021-1-63-67
 40. Курьшева Н.И., Лепешкина Л.В., Шаталова Е.О. Сравнительное исследование факторов, ассоциированных с прогрессированием первичной открытоугольной и закрытоугольной глаукомы. *Вестник офтальмологии*. 2020;136(2):64–72. [Kuryshva N.I., Lepeshkina L.V., Shatalova E.O. Comparative study of factors associated with the progression of primary open-angle glaucoma and primary angle-closure glaucoma. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftalmologii*. 2020;136(2):64–72 (In Russ.]. DOI: 10.17116/oftalma202013602164
 41. Tham Y.C., Li X., Wong T.Y., Quigley H.A., Aung T., Cheng C.Y. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology*. 2014 Nov;121(11):2081–2090. DOI: 10.1016/j.ophtha.2014.05.013
 42. Quigley H.A., Broman A.T. The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020. *Br J Ophthalmol*. 2006 Mar;90(3):262–267. DOI: 10.1136/bjo.2005.081224
 43. Dandona L., Dandona R., Mandal P. Angle-closure glaucoma in an urban population in southern India. The Andhra Pradesh Eye Disease Study. *Ophthalmology*. 2000;107(9):1710–1716. DOI: 10.1016/s0161-6420(00)00274-8
 44. Na J.H., Sung K.R., Lee J.R. Detection of glaucomatous progression by spectral-domain optical coherence tomography. *Ophthalmology*. 2013;120:1388–1395 DOI: 10.1016/j.ophtha.2012.12.014
 45. Zhang X., Dastiridou A., Francis B. Comparison of glaucoma progression detection by optical coherence tomography and visual field. *Am J Ophthalmol*. 2017;184:63–74. DOI: 10.1016/j.ajo.2017.09.020
 46. Yu M., Lin C., Weinreb R.N. Risk of visual field progression in glaucoma patients with progressive retinal nerve fiber layer thinning: a 5-year prospective study. *Ophthalmology*. 2016;123(6):1201–1210. DOI: 10.1016/j.ophtha.2016.02.017
 47. Lee Y.H., Kim C.S., Hong S. Rate of visual field progression in primary open-angle glaucoma and primary angle-closure glaucoma. *Korean J Ophthalmol*. 2004;18(2):106–115. DOI: 10.3341/kjo.2004.18.2.106
 48. Verma S., Nongpiur M.E., Atalay E. Visual field progression in patients with primary angle-closure glaucoma using pointwise linear regression analysis. *Ophthalmology*. 2017;124(7):1065–1071. DOI: 10.1016/j.ophtha.2017.02.027
 49. Fan N.W., Hwang D.K., Ko Y.C. Risk factors for progressive visual field loss in primary angle-closure glaucoma: a retrospective cohort study. *PLoS ONE*. 2013;8(7):e69772. DOI: 10.1371/journal.pone.0069772
 50. Su W.W., Hsieh S.S., Cheng S.T., Su C.W., Wu W.C., Chen H.S. Visual Subfield Progression in Glaucoma Subtypes. *J Ophthalmol*. 2018 Mar 21;2018:7864219. DOI: 10.1155/2018/7864219
 51. Kuryshva N.I., Lepeshkina L.V. Detection of Primary Angle Closure Glaucoma Progression by Optical Coherence Tomography. *J Glaucoma*. 2021 Mar 5. DOI: 10.1097/IJG.0000000000001829. Online ahead of print.
 52. Hood D.C., Raza A.S., de Moraes C.G., Liebmann J.M., Ritch R. Glaucomatous damage of the macula. *Prog Retin Eye Res*. 2013 Jan;32:1–21. DOI: 10.1016/j.pretyres.2012.08.003
 53. Rao H.L., Srinivasan T., Pradhan Z.S., Sreenivasiah S., Rao D.A.S., Puttaiah N.K., Devi S., Moghimi S., Mansouri K., Webers C.A.B., Weinreb R.N. Optical Coherence Tomography Angiography and Visual Field Progression in Primary Angle Closure Glaucoma. *J Glaucoma*. 2020 Dec 2. DOI: 10.1097/IJG.0000000000001745
 54. Kuryshva N.I. Reduced retinal microcirculation may predict glaucoma progression. *EPMA J Congress Supplement* 2020. 2020;11(Suppl 1):S82–84. DOI: 10.1007/s13167-020-00206-1
 55. Yousefi S., Sakai H., Murata H., Fujino Y., Matsuura M., Garway-Heath D., Weinreb R., Asaoka R. Rates of Visual Field Loss in Primary Open-Angle Glaucoma and Primary Angle-Closure Glaucoma: Asymmetric Patterns. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2018 Dec 3;59(15):5717–5725. DOI: 10.1167/iops.18-25140
 56. Gazzard G., Foster P.J., Viswanathan A.C., Devereux J.G., Oen F.T., Chew P.T., Khaw P.T., Seah S.K. The severity and spatial distribution of visual field defects in primary glaucoma: a comparison of primary open-angle glaucoma and primary angle-closure glaucoma. *Arch Ophthalmol*. 2002 Dec;120(12):1636–1643. DOI: 10.1001/archophth.120.12.1636
 57. Han F., Yuan Y.S. Characteristics of visual field defects in primary angle-closure glaucoma. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*. 2009 Jan;45(1):14–20.
 58. Ballae Ganeshrao S., Senthil S., Choudhari N., Sri Durgam S., Garudadri C.S. Comparison of Visual Field Progression Rates Among the High Tension Glaucoma, Primary Angle Closure Glaucoma, and Normal Tension Glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2019 Mar 1;60(4):889–900. DOI: 10.1167/iops.18-25421

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВГД — внутриглазное давление
 ОКТ — оптическая когерентная томография
 ПЗУ — первичное закрытие угла
 ПЗУГ — первичная закрытоугольная глаукома
 ПОУГ — первичная открытоугольная глаукома
 ППЗУ — подозрение на первичное закрытие угла

CHBC — слой нервных волокон сетчатки
 TX — толщина хориоидеи
 ТХФ — фовеальная толщина хориоидеи
 SD-OCT — спектральный оптический когерентный томограф
 SS-OCT — спектральный когерентный томограф с частотно-модулируемым источником Swept Source

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Медико-биологический университет инноваций и непрерывного образования ФГБУ ГНЦ РФ — «Федеральный биофизический центр им. А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства

Консультативно-диагностический отдел Центра офтальмологии Федерального медико-биологического агентства, ФГБУ ГНЦ РФ — «Федеральный биофизический центр им. А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства Академия постдипломного образования ФБГУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» Федерального медико-биологического агентства

Курешева Наталья Ивановна

доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой глазных болезней; заведующая кафедрой офтальмологии; руководитель консультативно-диагностического отдела

Волоколамское шоссе, 91, Москва, 125371, Российская Федерация

ул. Гамалеи, 15, Москва, 123098, Российская Федерация

<https://orcid.org/0000-0002-2265-6671>

ООО «Глазная клиника доктора Беликовой»

Шарова Галина Аркадьевна

заведующая диагностическим офтальмологическим отделением, лазерный хирург

просп. Буденного, 26/2, Москва, 105118, Российская Федерация

<https://orcid.org/0000-0002-7163-4858>

ABOUT THE AUTHORS

Medical Biological University of Innovations and Continuing Education of the Federal Biophysical Center named after A.I. Burnazyan of FMBA of Russia
Diagnostic Department of the Ophthalmological Center of Federal Medical-Biological Agency

Academy of postgraduate education under FSBU FSCC of FMBA of Russia

Kurysheva Natalia I.

MD, Professor, Head of the Ophthalmology department, head of the Consultative and diagnostic department

Volokolamskoye highway, 91, Moscow, 125371, Russian Federation

Gamalei str., 15, Moscow, 123098, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-2265-6671>

Ophthalmology Clinic of Dr. Belikova

Sharova Galina A.

head of the Diagnostic ophthalmology department, laser surgeon

Budenny ave., 26/2, Moscow, 105118, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-7163-4858>