

Роль оптической когерентной томографии в диагностике заболеваний закрытого угла передней камеры глаза. Часть 1: Визуализация переднего сегмента глаза

Н.И. Курышева^{1,2,3}Г.А. Шарова⁴

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

² Консультативно-диагностический отдел Центра офтальмологии Федерального медико-биологического агентства России, ФГБУ ГНЦ РФ «Федеральный биофизический центр им. А.И. Бурназяна»
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 России
Волоколамское шоссе, 91, Москва, 125371, Российская Федерация
ул. Гамалеи, 15, Москва, 123098, Российская Федерация

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

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2021;18(2):208–215

Целью настоящей работы является обзор литературных данных, посвященный роли оптической когерентной томографии в диагностике заболеваний закрытого угла передней камеры глаза. Представлен анализ применения современных технических устройств для проведения оптической когерентной томографии переднего отрезка глаза (AS-OCT) и моделей с частотно-модулируемым источником (Swept Source). Появление новых технологий визуализации, таких как SS-OCT, способствует пониманию патогенеза заболеваний первичного закрытия угла передней камеры глаза. Визуализация структур переднего сегмента глаза представляет собой важную часть стратегии, направленной на решение проблемы выявления факторов риска, диагностику, мониторинг и оценку эффективности лечения болезней первичного закрытия угла передней камеры глаза. 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. При интерпретации результатов исследований следует принимать во внимание сильные и слабые стороны традиционных методов и недавно разработанные технологии. **Заключение.** Оптическая когерентная томография переднего отрезка глаза является эталоном в современной диагностике и оценке эффективности лечения заболеваний первичного закрытия угла глаза с учетом патогенетических механизмов.

Ключевые слова: закрытый угол передней камеры глаза, первичная закрытоугольная глаукома, оптическая когерентная томография, AS-OCT, SS-OCT

Для цитирования: Курышева Н.И., Шарова Г.А. Роль оптической когерентной томографии в диагностике заболеваний закрытого угла передней камеры. Часть 1: Визуализация переднего сегмента глаза. *Офтальмология*. 2021;18(2):208–215. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-2-208-215>

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 1: Visualization of the Anterior Segment of the Eye

N.I. Kuryшева^{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 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(2):208–215

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. An analysis of the modern technical devices use — optical coherence tomography of the anterior segment (AS-OCT) and models with a frequency-modulated source (Swept Source) is presented. The advent of new imaging technologies such as SS-OCT is advancing the understanding of the pathogenesis of primary angle closure diseases. Visualization of the structures of the anterior 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, which undoubtedly plays a key role in the choice of treatment tactics for the closed angle of the anterior chamber. The interpretation of research results should take into account the strengths and weaknesses of traditional methods and newly developed technologies. **Conclusion.** Optical coherence tomography of the eye's anterior segment is a standard in modern diagnostics and evaluation of the effectiveness of treatment of diseases of primary angle closure, taking into account pathogenetic mechanisms.

Keywords: angle closed diseases, primary angle-closure glaucoma, optical coherence tomography, AS-OCT, SS-OCT

For citation: Kuryшева N.I., Sharova G.A. The Role of Optical Coherence Tomography in the Diagnosis of Angle Closed Diseases of the Anterior Chamber. Part 1: Visualization of the Anterior Segment of the Eye. *Ophthalmology in Russia*. 2021;18(2):208–215. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-2-208-215>

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

There is no conflict of interests

ВВЕДЕНИЕ

Глаукома по-прежнему остается ведущей причиной необратимой слепоты, по мере роста продолжительности жизни населения можно ожидать увеличения ее заболеваемости. Согласно Tham и соавт., количество людей во всем мире в возрасте 40–80 лет с закрытоугольной глаукомой в 2013 г. составило 20,17 млн человек, в 2020 г. прогнозировалось до 23,36 млн, а к 2040 г. предполагается до 32,04 млн [1]. В случае первичной закрытоугольной глаукомы (ПЗУГ) риск двусторонней слепоты в три раза выше, чем при открытоугольной [2].

В соответствии с классификацией P.J. Foster заболевания первичного закрытого угла глаза включают подозрение на первичное закрытие угла, первичное закрытие угла и ПЗУГ [3]. Подозрение на первичное закрытие угла (ППЗУ) характеризуется наличием иридо-трабекулярного контакта (ИТК) протяженностью более двух квадрантов, нормальным внутриглазным давлением (ВГД), отсутствием периферических передних синехий и глаукомной оптической нейропатии. Диагностическим признаком ИТК является отсутствие визуализации

трабекулы во время гониоскопии. При наличии периферических передних гониосинехий ИТК считают гониосинехиальным, при их отсутствии — аппозиционным. Первичное закрытие угла (ПЗУ) диагностируют в случае наличия ИТК, приводящего к образованию периферических передних гониосинехий и/или повышению ВГД, но без глаукомной оптической нейропатии. Если закрытие угла привело к глаукомному повреждению диска зрительного нерва, резюмируют ПЗУГ, при этом на момент осмотра могут отсутствовать гониосинехии и повышенное ВГД. Чаще всего аппозиционное и/или гониосинехиальное закрытие угла передней камеры (УПК) вызвано зрачковым блоком, препятствующим оттоку внутриглазной жидкости из задней камеры в переднюю. Определение механизмов и факторов риска развития заболеваний первичного закрытого угла в каждом конкретном случае имеет решающее значение для выбора стратегии лечения. Точная диагностика, мониторинг и оценка результатов лечения невозможны без применения методов визуализации, одним из которых является оптическая когерентная томография (ОКТ).

N.I. Kuryшева, G.A. Sharova

Contact information: Sharova Galina A. galina.shar@mail.ru

209

ОКТ, впервые представленная в 1990-х годах, произвела революцию в методах визуализации переднего и заднего сегмента глаза. За прошедшее десятилетие появилось новое поколение технологий ОКТ, известное как SD-ОСТ (спектральная томография сетчатки) с возможностью визуализации хориоидеи. В настоящий момент используются модели ОКТ с частотно-модулируемым источником (Swept Source) для лучшей визуализации глубоких слоев — хориоидеи и склеры. Постоянное совершенствование технологий визуализации способствует улучшению наших представлений о патогенезе ПЗУГ и позволяет рано выявлять пациентов с высоким риском закрытия УПК [4]. Chansangpetch и соавт. пришли к выводу, что ОКТ переднего отрезка глаза позволяет лучше понять основные механизмы закрытия угла, следовательно, может быть использована как скрининг для выявления пациентов с риском закрытия угла [5]. В первой части обзора будут рассмотрены возможности визуализации переднего отрезка глаза, в частности структур угла передней камеры, с применением оптической когерентной томографии.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ОКТ ПЕРЕДНЕГО СЕГМЕНТА ГЛАЗА ПЕРЕД ГОНИОСКОПИЕЙ

Для диагностики переднего отрезка глаза применяют ОКТ переднего сегмента глаза (AS-ОСТ) либо ОКТ для визуализации заднего сегмента, но с адаптером, позволяющим быстро и не инвазивно получать высококачественные изображения поперечного сечения структур УПК. Инфракрасный свет, используемый в современных устройствах, не вызывает сужение зрачка, а бесконтактная технология исключает непреднамеренную компрессию в отличие от УБМ и гониоскопии. Согласно исследованию Campbell и соавт., повторяемость и воспроизводимость результатов AS-ОСТ превосходит гониоскопию, несмотря на то что последняя считается «золотым стандартом» [6]. Гониоскопия позволяет напрямую визуализировать пигментацию, гониосинехии, неоваскуляризацию, анализировать динамику открытия УПК. Однако на интерпретацию результатов влияют многие факторы, одним из которых является опыт и навык специалиста. Varma и соавт. сообщили, что 8,9 % тех, кто был направлен на лечение глаукомы в специализированный медицинский центр по причине первичной открытоугольной глаукомы, на самом деле имели закрытый угол. В это число не вошло 73,8 % обращений к специалистам, у которых вообще не было данных о показателях УПК [7]. Сообщалось о значительном количестве случаев не выявленного ПЗУ и ППЗУ, в том числе среди пациентов с катарактой [8].

Гониоскопия предусматривает местную анестезию, необходимость контакта с глазной поверхностью, что может вызывать потенциальный дискомфорт и даже непереносимость процедуры. В рутинной практике врачи могут пренебрегать данным методом визуализации, в том числе по причине лимита времени. В исследовании

Quigley и соавт. результаты гониоскопии были зарегистрированы только в половине случаев [9]. Аналогичные данные получили Hoertzog и соавт., так, лишь у 51,3 % обследованных было выполнено данное исследование [10]. Даже в специализированных учреждениях гониоскопией могут пренебрегать [11]. Субъективный характер оценки, сомнения в точности, воспроизводимости метода, влияние освещенности и непреднамеренной компрессии во время исследования могут приводить к неэффективности метода [12].

Тем не менее гониоскопия незаменима в качественной оценке структур УПК, так как ОКТ переднего отрезка не способна обеспечить данными, чтобы отличить аппозиционное закрытие УПК от гониосинехиального. В настоящее время недостаточно доказательств успешного применения ОКТ технологий, для этого необходимы дальнейшие исследования для определения пороговых значений параметров УПК в развитии заболеваний первичного закрытия угла [5].

СТРУКТУРЫ, ВИЗУАЛИЗИРУЕМЫЕ ПРИ ОКТ ПЕРЕДНЕГО ОТРЕЗКА

Применение новых устройств для визуализации может быть перспективным дополнением к традиционным методам исследования. Аналитическое программное обеспечение ОКТ позволяет выполнять объективную количественную оценку параметров УПК с целью исследования ИТК. В качестве анатомического ориентира идентифицируют склеральную шпору. В большинстве случаев исследуют угол в градусах, определяют площадь и дистанцию между радужкой и задней поверхностью роговицы в интервале 500 и 750 мкм кпереди от склеральной шпору (рис. 1).

Следует отметить, что не всегда просто определить локализацию склеральной шпору. Трудности в ее идентификации встречаются примерно на одной трети изображений [13, 14].

Многочисленные исследования по поводу чувствительности и специфичности AS-ОСТ-визуализации для определения топографии закрытого УПК неоднозначны: разброс составляет от 64 до 100 % и от 55 до 100 % соответственно [13, 15–24]. Это обусловлено разными критериями включения и исключения больных. Кроме того, в качестве эталона параметров изображения AS-ОСТ использовали гониоскопию, интерпретация данных которой широко варьирует среди исследователей [5].

Melese и соавт. исследовали пороговые значения параметров УПК при открытом, узком и пограничном угле путем применения SS-ОСТ для переднего отрезка [24]. Были рассчитаны следующие параметры: AOD (длина перпендикуляра между задней поверхностью роговицы и передней поверхностью радужки, опущенного из точки, расположенной в 500 мкм от склеральной шпору), площадь иридотрабекулярного пространства (TISA), объем окружности ИТК (TICV), длина иридотрабекулярного контакта (ИТК, ИТС), а также его протяженность

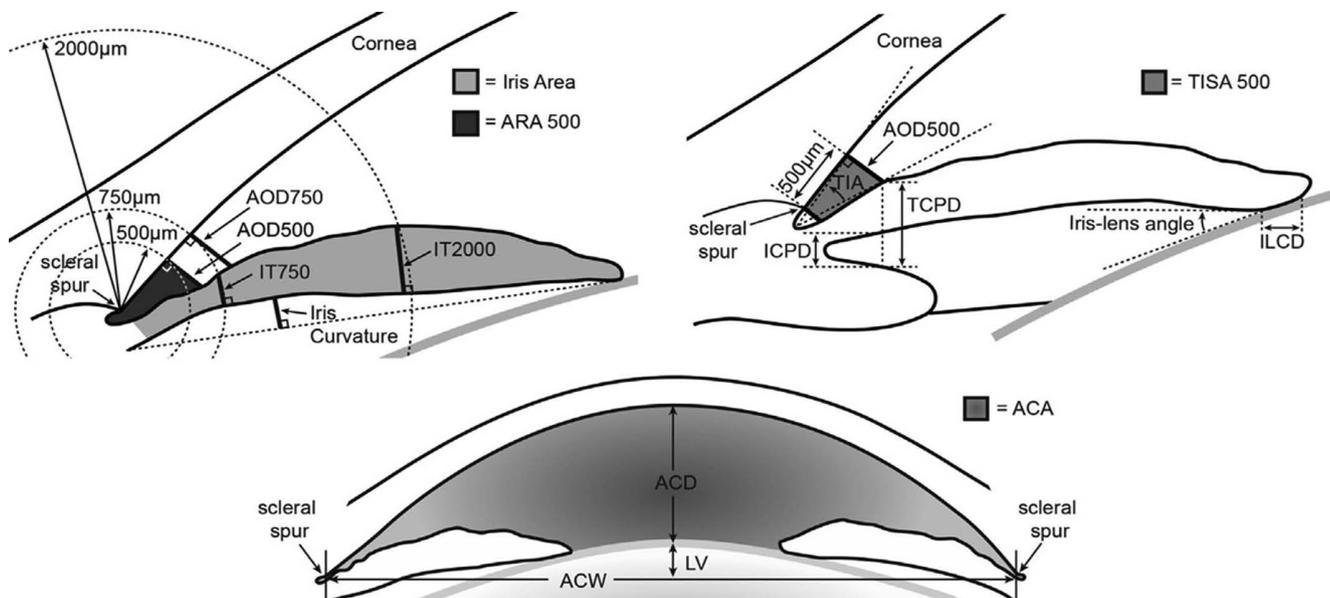


Рис. 1. Параметры переднего отрезка глаза на AS-OCT. ACA — площадь передней камеры; ACD — глубина передней камеры; ACW — ширина передней камеры; AOD — дистанция открытия угла передней камеры; ARA — площадь иридотрабекулярной выемки; ICPD — дистанция между корнем радужки и цилиарным телом; ILCD — протяженность иридохрусталикового контакта; LV — высота свода (дистанция между передним полюсом хрусталика и горизонтальной линией, соединяющей 2 склеральные шпоры); TCPD — дистанция между передней поверхностью радужки и передними цилиарными отростками; TIA — иридотрабекулярный угол; TISA — иридотрабекулярное пространство (цит. по S. Chansangpetch, P. Rojanapongpun, S.C. Lin)

Fig. 1. Anterior segment parameters on AS-OCT. ACA — anterior chamber area; ACD — anterior chamber depth; ACW — anterior chamber width; AOD — angle opening distance; ARA — angle recess area; ICPD — iris-ciliary process distance; ILCD — iris-lens contact distance; LV — lens vault; TCPD — trabecular-ciliary process distance; TIA — trabecular iris angle; TISA — trabecular iris space (by S. Chansangpetch, P. Rojanapongpun, S.C. Lin)

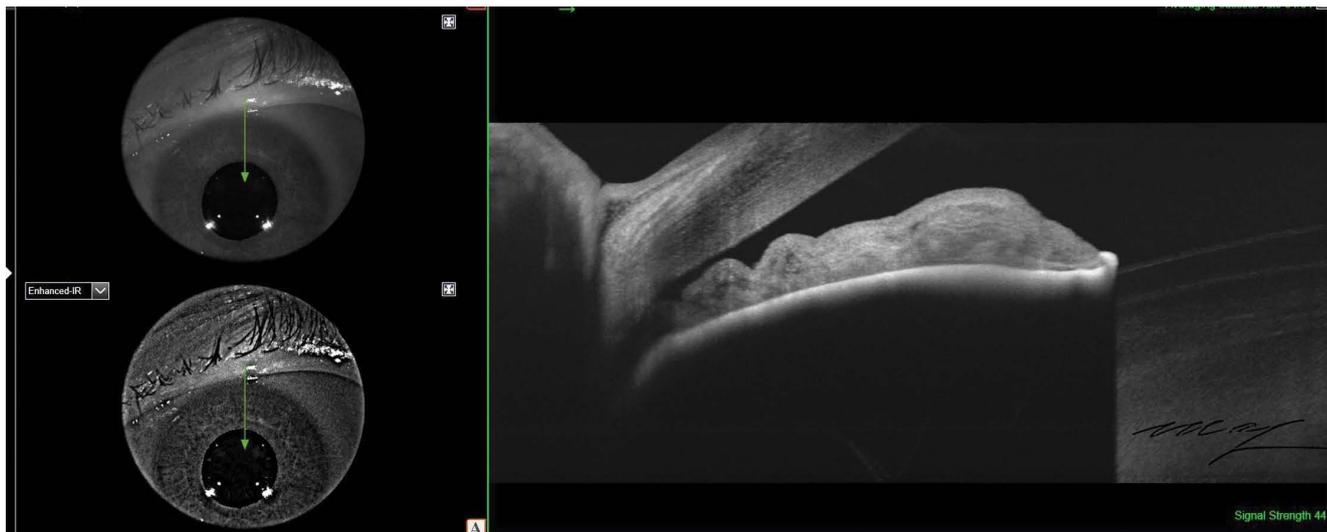


Рис. 2. Угол передней камеры в верхнем секторе, DRI OCT Triton Plus (Topcon)

Fig. 2. Anterior chamber angle in the upper sector, DRI OCT Triton Plus (Topcon)

и площадь. Высокую диагностическую ценность продемонстрировали AOD, TICV500 и TICV750 (рис. 1). Оказалось, что при помощи SS-OCT для переднего отрезка можно анализировать иридотрабекулярный контакт на 360°. Исследования в области изучения параметров ОКТ-SS, характеризующих ИТК, продемонстрировали высокую диагностическую ценность [18, 25–28].

ОСОБЕННОСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПЕРЕДНЕГО ОТРЕЗКА ГЛАЗА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЗАКРЫТОГО УГЛА ПЕРЕДНЕЙ КАМЕРЫ

Важным показателем в диагностике болезней первичного угла является размер УПК. Функционал томографа Topcon DRI OCT Triton позволяет получать четкие изображения УПК в любом секторе. УПК может быть

исследован по горизонтальному меридиану для оценки темпорального и назального угла либо по вертикальному меридиану для оценки верхнего и нижнего угла. Технически проще измерять горизонтальные углы, так как отсутствует экранизация верхним веком. Однако Е.К. Melese и соавт. обнаружили, что горизонтальные углы менее надежны для диагностики узких углов по сравнению с верхним и нижним углом [24].

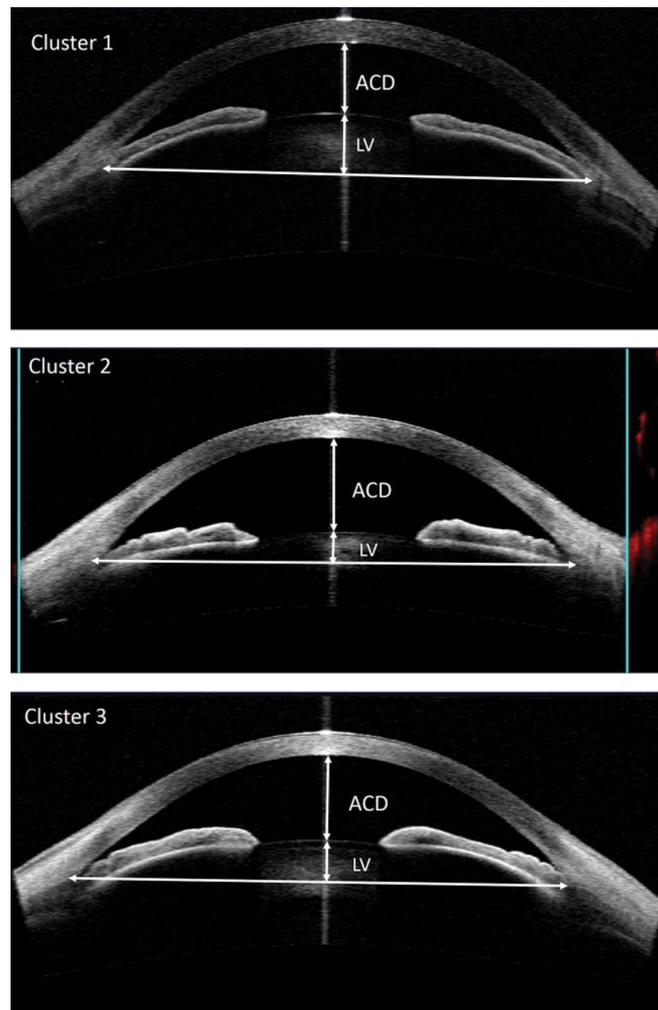


Рис. 3. AS-OCT визуализация 3 кластеров. Верхний: случай из кластера 1 с мелкой передней камерой и высоким сводом хрусталика. Средний: случай из кластера 2 с более глубокой передней камерой и толстой радужкой. Внизу: случай из кластера 3 с промежуточными значениями глубины передней камеры и высоты свода хрусталика и более крутой радужкой (цит. по S. Moghimi A. Torhashvand, M. Mohammadi, M. Yaser, L.J. Saunders, S.C. Lin, R.N. Weinreb. Classification of primary angle closure spectrum with hierarchical cluster analysis)

Fig. 3. The anterior segment-optical coherence tomography (ASOCT) images of a typical case from each of the 3 clusters. Upper: A case from cluster 1 with shallow ACD and ACA and ACW, and a large lens vault. Middle: A case from cluster 2 with deep anterior chamber and thick iris, Bottom: a case from cluster 3 with intermediate ACD, ACA, LV, and high iris curvature (by no S. Moghimi A. Torhashvand, M. Mohammadi, M. Yaser, L.J. Saunders, S.C. Lin, R.N. Weinreb. Classification of primary angle closure spectrum with hierarchical cluster analysis)

На изображениях, сделанных горизонтально или вертикально, можно пропустить сужение угла (в отличие от гониоскопии) по причине изменения конфигурации радужки по всей окружности [12]. Верхний угол является самым узким с наибольшей вероятностью гониосинехий, а нижний — самым широким [29, 30].

С помощью SS-OCT DRI OCT-Triton Plus (Topcon) возможно прогнозирование риска зрачкового блока [31]. С помощью линейного вертикального сканирования Line (V) Anterior seg. 6,0 мм измеряют УПК в верхнем секторе, выполняют мидриатическую пробу и при ширине УПК менее 12 угловых градусов и положительной мидриатической пробе прогнозируют зрачковый блок (рис. 2).

Безусловно, важен тот факт, что ОКТ переднего отрезка глаза позволяет исследовать механизмы не только зрачкового блока. Несмотря на недостатки в идентификации цилиарной борозды, AS-визуализация информативна в диагностике синдрома плоской радужки, или «плато радужки». Параметры радужки, хрусталика и передней камеры (ПК) могут быть независимыми факторами риска закрытия УПК [5].

В исследовании Shabana и соавт. выявлено, что глаза с плоской радужкой имели более глубокую переднюю камеру (ПК) и более нижнее положение свода хрусталика по сравнению с глазами со зрачковым блоком, в то время как глаза со «складчатой радужкой» имели более глубокую ПК на расстоянии в 2000 мкм от склеральной шпоры (рис. 1). Глаза с высоким сводом хрусталика имели более мелкую ПК по сравнению с глазами со зрачковым блоком [32].

ПРЕДИКТОРЫ ЗАКРЫТИЯ УГЛА ПЕРЕДНЕЙ КАМЕРЫ ГЛАЗА, ВЫЯВЛЯЕМЫЕ МЕТОДОМ AS-OCT

Исследователи задаются вопросом, почему в одних глазах с заболеванием закрытого угла возникает приступ повышения офтальмотонуса, а в других нет. В поиске предикторов опираются на следующие ключевые параметры:

- параметры радужки (площадь, толщина, профиль);
- параметры хрусталика (толщина, высота свода — дистанция между передним полюсом хрусталика и горизонтальной линией, соединяющей 2 склеральные шпоры);
- положение хрусталика (lens position — LP) — сумма глубины ПК и $\frac{1}{2}$ толщины хрусталика;
- относительное положение хрусталика (relative LP) — отношение положения хрусталика (LP) к аксиальной длине глаза [33];
- параметры ПК (глубина, ширина, площадь, объем) (рис. 1).

Wu и соавт. обнаружили, что меньшая площадь и объем ПК в значительной степени ассоциированы с узким углом [34].

Исследование среди сингапурского населения выявило связь между средней шириной ПК и узким углом [35]. По данным Atalay и соавт., самым надежным



Рис. 4. Пример AS-OCT визуализации первого кластера на DRI OCT Triton Plus (Topcon)

Fig. 4. Example AS-OCT images of the first cluster on DRI OCT Triton Plus (Topcon)

предиктором закрытия угла является дистанция открытия угла передней камеры на расстоянии 500 мкм от склеральной шпоры и увеличение объема радужки при расширении зрачка [36].

Moghimì и соавт., ориентируясь на характеристики изображений AS-OCT, разделили пациентов на кластеры с целью изучения соответствия полученных изображений подтипам заболеваний закрытого угла (рис. 3) [37].

Первый кластер, включающий изображения с мелкой передней камерой и высоким сводом хрусталика, оказался самым многочисленным в группе пациентов с острым приступом закрытия угла. Второй кластер, включающий изображения с толстой радужкой и более глубокой ПК, чаще встречался при ППЗУ и ПЗУГ.

Третий кластер, характеризующийся наибольшей кривизной радужки, чаще соответствовал глазам с острым приступом закрытия угла, поэтому кривизна радужки предложена в качестве индикатора зрачкового блока [38–40].

Кластерный анализ на основании ОКТ-изображений переднего сегмента при ППЗУ провели также Nongriat и соавт. [41]. В результате ими тоже были выделены три кластера, ведущие к пониманию патогенеза первичного закрытия УПК. Пример AS-OCT-визуализации первого кластера на DRI OCT Triton Plus (Topcon) представлен на рисунке 4.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПЕРЕДНЕГО ОТДЕЛА ГЛАЗА В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕЧЕНИЯ БОЛЕЗНИ ЗАКРЫТОГО УГЛА

AS-визуализация (визуализация переднего сегмента глаза) позволяет осуществлять качественный и количественный анализ результатов лазерного и хирургического лечения заболеваний первичного закрытия угла и прогнозировать снижение ВГД [42]. После факоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ снижение офтальмотонуса у пациентов с узким УПК коррелирует с увеличением дистанции открытия УПК (АОД) (длиной перпендикуляра между задней поверхностью роговицы и передней поверхностью радужки, опущенного из точки, расположенной в 500 мкм от склеральной шпоры) (рис. 1) [43].

Существует множество доказательств значительного увеличения УПК после лазерной иридотомии и лазерной иридопластики при заболеваниях закрытого угла передней камеры по различным параметрам, полученным с помощью AS-визуализации [44–52]. При сравнении результатов лазерной иридотомии и факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ дополнительная оценка эффективности лечения возможна с использованием ОКТ переднего отрезка для определения ширины УПК [53].

Идентификация механизма закрытия угла с использованием AS-визуализации в каждом конкретном случае определяет тактику лечения. Например, зрачковый блок устраним при помощи периферической лазерной иридотомии [54]. В случае плато радужки лазерная иридотомия не эффективна, предпочтительнее периферическая иридопластика [55, 56]. Если закрытие УПК вызвано смещением вперед иридохрусталиковой диафрагмы, то показана факоэмульсификация с имплантацией интраокулярной линзы [57].

Kwon и соавт. на основе изучения параметров ОКТ переднего отрезка до и после лазерной иридотомии (глубина ПК, высота свода хрусталика и дистанция открытия УПК) пришли к выводу, что лучшие показатели достигаются на глазах со зрачковым блоком и толстой периферической радужкой, в отличие от конфигурации плато радужки и глаз с высоким сводом хрусталика [58].

Han и соавт. считают, что анатомические особенности переднего сегмента, выявленные на ОКТ у пациентов с разными подтипами заболеваний закрытого угла, инициированы разными механизмами, следовательно, план лечения и наблюдения должен соответствовать индивидуальным особенностям подгруппы [59]. Kwon и соавт. пришли к заключению, что, используя ОКТ переднего отрезка и ультразвуковую биомикроскопию, возможно прогнозировать эффект лазерной иридотомии при ПЗУ [60].

Таким образом, патогенез заболеваний закрытого УПК сложен и недостаточно изучен. Вектор современных исследований направлен на дифференцировку механизмов закрытия угла, а применение AS-OCT-визуализации является для этого оптимальным методом. Но анатомические аномалии в переднем сегменте объясняют лишь

треть всех изменений, особенно при остром приступе закрытого угла [39]. Следовательно, другие факторы важны и требуют дальнейшего изучения. Этому будет посвящена вторая часть настоящего обзора.

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

1. 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
2. Friedman D.S., Foster P.J., Aung T., He M. Angle closure and angle-closure glaucoma: what we are doing now and what we will be doing in the future. *Clin Exp Ophthalmol*. 2012 May-Jun;40(4):381–387. DOI: 10.1111/j.1442-9071.2012.02774.x
3. Foster P.J., Buhrmann R., Quigley H.A., Johnson G.J. The definition and classification of glaucoma in prevalence surveys. *Br J Ophthalmol*. 2002 Feb;86(2):238–242. DOI: 10.1136/bjo.86.2.238
4. Sun X., Dai Y., Chen Y., Yu D.Y., Cringle S.J., Chen J., Kong X., Wang X., Jiang C. Primary angle closure glaucoma: What we know and what we don't know. *Prog Retin Eye Res*. 2017 Mar;57:26–45. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2016.12.003
5. Chansangpetch S., Rojanapongpun P., Lin S.C. Anterior Segment Imaging for Angle Closure. *Am J Ophthalmol*. 2018 Apr;188:XXVI–XXIX. DOI: 10.1016/j.ajo.2018.01.006
6. Campbell P., Redmond T., Agarwal R., Marshall L.R., Evans B.J. Repeatability and comparison of clinical techniques for anterior chamber angle assessment. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2015 Mar;35(2):170–178. DOI: 10.1111/opo.12200
7. Varma D.K., Simpson S.M., Rai A.S., Ahmed I.I.K. Undetected angle closure in patients with a diagnosis of open-angle glaucoma. *Can J Ophthalmol*. 2017 Aug;52(4):373–378. DOI: 10.1016/j.cjco.2016.12.010
8. Varma D.K., Kletke S.N., Rai A.S., Ahmed I.I.K. Proportion of undetected narrow angles or angle closure in cataract surgery referrals. *Can J Ophthalmol*. 2017 Aug;52(4):366–372. DOI: 10.1016/j.cjco.2017.01.008
9. Quigley H.A., Friedman D.S., Hahn S.R. Evaluation of practice patterns for the care of open-angle glaucoma compared with claims data: the Glaucoma Adherence and Persistency Study. *Ophthalmology*. 2007 Sep;114(9):1599–1606. DOI: 10.1016/j.ophtha.2007.03.042
10. Hertzog L.H., Albrecht K.G., LaBree L., Lee P.P. Glaucoma care and conformance with preferred practice patterns. Examination of the private, community-based ophthalmologist. *Ophthalmology*. 1996 Jul;103(7):1009–1013. DOI: 10.1016/s0161-6420(96)30573-3
11. Zebardast N., Solus J.F., Quigley H.A., Srikumar D., Ramulu P.Y. Comparison of resident and glaucoma faculty practice patterns in the care of open-angle glaucoma. *BMC Ophthalmol*. 2015 Apr 14;15:41. DOI: 10.1186/s12886-015-0027-x
12. Sakata L.M., Lavanya R., Friedman D.S., Aung H.T., Gao H., Kumar R.S., Foster P.J., Aung T. Comparison of gonioscopy and anterior segment ocular coherence tomography in detecting angle closure in different quadrants of the anterior chamber angle. *Ophthalmology*. 2008 May;115(5):769–774. DOI: 10.1016/j.ophtha.2007.06.030
13. Radhakrishnan S., Goldsmith J., Huang D., Westphal V., Dueker D.K., Rollins A.M., Izatt J.A., Smith S.D. Comparison of optical coherence tomography and ultrasound biomicroscopy for detection of narrow anterior chamber angles. *Arch Ophthalmol*. 2005 14. Aug;123(8):1053–1059. DOI: 10.1001/archophth.123.8.1053
14. Sakata L.M., Lavanya R., Friedman D.S., Aung H.T., Seah S.K., Foster P.J., Aung T. Assessment of the scleral spur in anterior segment optical coherence tomography images. *Arch Ophthalmol*. 2008 Feb;126(2):181–185. DOI: 10.1001/archophth.126.2.179
15. Nolan W.P., See J.L., Chew P.T., Friedman D.S., Smith S.D., Radhakrishnan S., Zheng C., Foster P.J., Aung T. Detection of primary angle closure using anterior segment optical coherence tomography in Asian eyes. *Ophthalmology*. 2007 Jan;114(1):33–39. DOI: 10.1016/j.ophtha.2006.05.073
16. Wirbelauer C., Karandish A., Häberle H., Pham D.T. Noncontact gonioscopy with optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol*. 2005 Feb;123(2):179–185. DOI: 10.1001/archophth.123.2.179
17. Lavanya R., Foster P.J., Sakata L.M., Friedman D.S., Kashiwagi K., Wong T.Y., Aung H.T., Alfred T., Gao H., Ee A.G., Seah S.K., Aung T. Screening for narrow angles in the singapore population: evaluation of new noncontact screening methods. *Ophthalmology*. 2008 Oct;115(10):1720–1727. DOI: 10.1016/j.ophtha.2008.03.015
18. Pekmezci M., Porco T.C., Lin S.C. Anterior segment optical coherence tomography as a screening tool for the assessment of the anterior segment angle. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging*. 2009 Jul-Aug;40(4):389–398. DOI: 10.3928/15428877-200906030-07
19. Wong H.T., Chua J.L., Sakata L.M., Wong M.H., Aung H.T., Aung T. Comparison of slitlamp optical coherence tomography and scanning peripheral anterior chamber depth analyzer to evaluate angle closure in Asian eyes. *Arch Ophthalmol*. 2009 May;127(5):599–603. DOI: 10.1001/archophth.127.5.599
20. Narayanaswamy A., Sakata L.M., He M.G., Friedman D.S., Chan Y.H., Lavanya R., Baskaran M., Foster P.J., Aung T. Diagnostic performance of anterior chamber angle measurements for detecting eyes with narrow angles: an anterior segment OCT study. *Arch Ophthalmol*. 2010 Oct;128(10):1321–1327. DOI: 10.1001/archophth.128.10.1321
21. Grewal D.S., Brar G.S., Jain R., Grewal S.P. Comparison of Scheimpflug imaging and spectral domain anterior segment optical coherence tomography for detection of narrow anterior chamber angles. *Eye (Lond)*. 2011 May;25(5):603–611. DOI: 10.1038/eye.2011.14
22. Nongpiur M.E., Haaland B.A., Friedman D.S., Perera S.A., He M., Foo L.L., Baskaran M., Sakata L.M., Wong T.Y., Aung T. Classification algorithms based on anterior segment optical coherence tomography measurements for detection of angle closure. *Ophthalmology*. 2013 Jan;120(1):48–54. DOI: 10.1016/j.ophtha.2012.07.005
23. Dabasia P.L., Edgar D.F., Murdoch I.E., Lawrenson J.G. Noncontact Screening Methods for the Detection of Narrow Anterior Chamber Angles. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015 Jun;56(6):3929–3935. DOI: 10.1167/iovs.15-16727
24. Melese E.K., Chan J.D., Blieden L.S., Chuang A.Z., Baker L.A., Bell N.P., Feldman R.M. Determination and Validation of Thresholds of Anterior Chamber Parameters by Dedicated Anterior Segment Optical Coherence Tomography. *Am J Ophthalmol*. 2016 Sep;169:208–217. DOI: 10.1016/j.ajo.2016.06.032
25. Baskaran M., Ho S.W., Tun T.A., How A.C., Perera S.A., Friedman D.S., Aung T. Assessment of circumferential angle-closure by the iris-trabecular contact index with swept-source optical coherence tomography. *Ophthalmology*. 2013 Nov;120(11):2226–2231. DOI: 10.1016/j.ophtha.2013.04.020
26. Lai I., Mak H., Lai G., Yu M., Lam D.S., Leung C.K. Anterior chamber angle imaging with swept-source optical coherence tomography: measuring peripheral anterior synechia in glaucoma. *Ophthalmology*. 2013 Jun;120(6):1144–1149. DOI: 10.1016/j.ophtha.2012.12.006
27. Tun T.A., Baskaran M., Perera S.A., Htoon H.M., Aung T., Husain R. Swept-source optical coherence tomography assessment of iris-trabecular contact after phacoemulsification with or without goniosynechialysis in eyes with primary angle closure glaucoma. *Br J Ophthalmol*. 2015 Jul;99(7):927–931. DOI: 10.1136/bjophthol-2014-306223
28. Grewal D.S., Brar G.S., Jain R., Grewal S.P. Comparison of Scheimpflug imaging and spectral domain anterior segment optical coherence tomography for detection of narrow anterior chamber angles. *Eye (Lond)*. 2011 May;25(5):603–611. DOI: 10.1038/eye.2011.14
29. Razeghinejad M.R., Myers J.S. Contemporary approach to the diagnosis and management of primary angle-closure disease. *Surv Ophthalmol*. 2018 Nov-Dec;63(6):754–768. DOI: 10.1016/j.survophth.2018.05.001
30. Архипова А.Н., Туркина К.И. Объективная оценка угла передней камеры в здоровых глазах с помощью оптической когерентной томографии. *Офтальмологические ведомости*. 2017;10(3):18–21. [Arhipova A.N., Turkina K.I. Objective anterior chamber angle evaluation of healthy eyes with optical coherence tomography. *Ophthalmology journal = Ophthalmology journal*. 2017;10(3):18–21 (In Russ.)]. DOI: 10.17816/OV10318-21
31. Беликова Е.И., Шарова Г.А. Способ прогнозирования функционального ангулярного блока передней камеры глаза на латентной стадии закрытоугольной глаукомы. Патент РФ N2730971, приоритет от 19.03.2020. [Belikova E.I., Sharova G.A. A method for diagnosing the functional angular block of the anterior chamber of the eye in the latent stage of angle-closure glaucoma. Patent RU N 2730971, priority 19.03.2020 (in Russ.)].
32. Shabana N., Aquino M.C., See J., Ce Z., Tan A.M., Nolan W.P., Hitchings R., Young S.M., Loon S.C., Sng C.C., Wong W., Chew P.T. Quantitative evaluation of anterior chamber parameters using anterior segment optical coherence tomography in primary angle closure mechanisms. *Clin Exp Ophthalmol*. 2012 Nov;40(8):792–801. DOI: 10.1111/j.1442-9071.2012.02805.x
33. Nongpiur M.E., He M., Amerasinghe N., Friedman D.S., Tay W.T., Baskaran M., Smith S.D., Wong T.Y., Aung T. Lens vault, thickness, and position in Chinese subjects with angle closure. *Ophthalmology*. 2011 Mar;118(3):474–479. DOI: 10.1016/j.ophtha.2010.07.025
34. Wu R.Y., Nongpiur M.E., He M.G., Sakata L.M., Friedman D.S., Chan Y.H., Lavanya R., Wong T.Y., Aung T. Association of narrow angles with anterior chamber area and volume measured with anterior-segment optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol*. 2011 May;129(5):569–574. DOI: 10.1001/archophth.129.5.569
35. Nongpiur M.E., Sakata L.M., Friedman D.S., He M., Chan Y.H., Lavanya R., Wong T.Y., Aung T. Novel association of smaller anterior chamber width with angle closure in Singaporeans. *Ophthalmology*. 2010 Oct;117(10):1967–1973. DOI: 10.1016/j.ophtha.2010.02.007
36. Atalay E., Nongpiur M.E., Baskaran M., Sharma S., Perera S.A., Aung T. Biometric Factors Associated With Acute Primary Angle Closure: Comparison of the Affected and Fellow Eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2016 Oct 1;57(13):5320–5325. DOI: 10.1167/iovs.16-20006
37. Moghimi S., Torkashvand A., Mohammadi M., Yaseri M., Saunders L.J., Lin S.C., Weinreb R.N. Classification of primary angle closure spectrum with hierarchical cluster analysis. *PLoS One*. 2018 Jul 23;13(7):e0199157. DOI: 10.1371/journal.pone.0199157
38. Moghimi S., Zandvakil N., Vahedian Z., Mohammadi M., Fakhraie G., Coleman A.L., Lin S.C. Acute angle closure: qualitative and quantitative evaluation of the anterior segment using anterior segment optical coherence tomography. *Clin Exp Ophthalmol*. 2014 Sep-Oct;42(7):615–622. DOI: 10.1111/ceo.12285

Н.И. Курьшева, Г.А. Шарова

39. Sng C.C.A., Aquino M.C.D., Liao J., Ang M., Zheng C., Loon S.C., Chew P.T.K. Pretreatment anterior segment imaging during acute primary angle closure: insights into angle closure mechanisms in the acute phase. *Ophthalmology*. 2014 Jan;121(1):119–125. DOI: 10.1016/j.ophtha.2013.08.004
40. Wang B., Sakata L.M., Friedman D.S., Chan Y.H., He M., Lavanya R., Wong T.Y., Aung T. Quantitative iris parameters and association with narrow angles. *Ophthalmology*. 2010 Jan;117(1):11–17. DOI: 10.1016/j.ophtha.2009.06.017
41. Nongpiur M.E., Gong T., Lee H.K., Perera S.A., Cheng L., Foo L.L., He M., Friedman D.S., Aung T. Subgrouping of primary angle-closure suspects based on anterior segment optical coherence tomography parameters. *Ophthalmology*. 2013 Dec;120(12):2525–2531. DOI: 10.1016/j.ophtha.2013.05.028
42. Huang G., Gonzalez E., Lee R., Chen Y.C., He M., Lin S.C. Association of biometric factors with anterior chamber angle widening and intraocular pressure reduction after uneventful phacoemulsification for cataract. *J Cataract Refract Surg*. 2012 Jan;38(1):108–116. DOI: 10.1016/j.jcrs.2011.06.037
43. Huang G., Gonzalez E., Peng P.H., Lee R., Leungurasatien T., He M., Porco T., Lin S.C. Anterior chamber depth, iridocorneal angle width, and intraocular pressure changes after phacoemulsification: narrow vs open iridocorneal angles. *Arch Ophthalmol*. 2011 Oct;129(10):1283–1290. DOI: 10.1001/archophthol.2011.272
44. Xu B.Y., Friedman D.S., Foster P.J., Jiang Y., Pardeshi A.A., Jiang Y., Munoz B., Aung T., He M. Anatomical Changes and Predictors of Angle Widening After Laser Peripheral Iridotomy: The Zhongshan Angle Closure Prevention Trial. *Ophthalmology*. 2021 Jan 23;S0161-6420(21)00069-5. DOI: 10.1016/j.ophtha.2021.01.021
45. Moghimi S., Chen R., Johari M., F. Bijani, M. Mohammadi. Changes in Anterior Segment Morphology After Laser Peripheral Iridotomy in Acute Primary Angle Closure. *Am J Ophthalmol*. 2016;166:133–140. DOI: 10.1016/j.ajo.2016.03.032
46. Friedman D.S., Aung T. Changes in anterior segment morphology after laser peripheral iridotomy: an anterior segment optical coherence tomography study. *Ophthalmology*. 2012 Jul;119(7):1383–1387. DOI: 10.1016/j.ophtha.2012.01.019
47. Yoong Leong J.C., O'Connor J., Soon Ang G., Wells A.P. Anterior Segment Optical Coherence Tomography Changes to the Anterior Chamber Angle in the Short-term following Laser Peripheral Iridoplasty. *J Curr Glaucoma Pract*. 2014 Jan-Apr;8(1):1–6. DOI: 10.5005/jp-journals-10008-1152
48. Lee R.Y., Kasuga T., Cui Q.N., Porco T.C., Huang G., He M., Lin S.C. Association between baseline iris thickness and prophylactic laser peripheral iridotomy outcomes in primary angle-closure suspects. *Ophthalmology*. 2014 Jun;121(6):1194–202. DOI: 10.1016/j.ophtha.2013.12.027
49. Lee R.Y., Kasuga T., Cui Q.N., Huang G., He M., Lin S.C. Association between baseline angle width and induced angle opening following prophylactic laser peripheral iridotomy. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013 May 1;54(5):3763–3770. DOI: 10.1167/iovs.13-11597
50. Ang B.C., Nongpiur M.E., Aung T., Mizoguchi T., Ozaki M. Changes in Japanese eyes after laser peripheral iridotomy: an anterior segment optical coherence tomography study. *Clin Exp Ophthalmol*. 2016 Apr;44(3):159–165. DOI: 10.1111/ceo.12673
51. Zebardast N., Kavitha S., Krishnamurthy P., Friedman D.S., Nongpiur M.E., Aung T., Quigley H.A., Ramulu P.Y., Venkatesh R. Changes in Anterior Segment Morphology and Predictors of Angle Widening after Laser Iridotomy in South Indian Eyes. *Ophthalmology*. 2016 Dec;123(12):2519–2526. DOI: 10.1016/j.ophtha.2016.08.020
52. Sung K.R., Lee K.S., Hong J.W. Baseline Anterior Segment Parameters Associated with the Long-term Outcome of Laser Peripheral Iridotomy. *Curr Eye Res*. 2015;40(11):1128–1133. DOI: 10.3109/02713683.2014.986334
53. Беликова Е.И., Шарова Г.А. Персонализированный подход к лечению пациентов с латентной стадией закрытоугольной глаукомы. *Офтальмология*. 2020;17(3S):566–571 [Belikova E.I., Sharova G.A. A Personalized Approach to the Treatment of Patients with Latent Stage Angle-Closure Glaucoma. *Ophthalmology in Russia=Oftalmologiya*. 2020;17(3S):566–577 (In Russ.)]. DOI: 10.18008/1816-5095-2020-3S-566-571
54. He M., Friedman D.S., Ge J., Huang W., Jin C., Lee P.S., Khaw P.T., Foster P.J. Laser peripheral iridotomy in primary angle-closure suspects: biometric and gonioscopic outcomes: the Liwan Eye Study. *Ophthalmology*. 2007 Mar;114(3):494–500. DOI: 10.1016/j.ophtha.2006.06.053
55. Ritch R., Tham C.C., Lam D.S. Long-term success of argon laser peripheral iridoplasty in the management of plateau iris syndrome. *Ophthalmology*. 2004 Jan;111(1):104–108. DOI: 10.1016/j.ophtha.2003.05.001
56. Lam D.S., Lai J.S., Tham C.C., Chua J.K., Poon A.S. Argon laser peripheral iridoplasty versus conventional systemic medical therapy in treatment of acute primary angle-closure glaucoma: a prospective, randomized, controlled trial. *Ophthalmology*. 2002 Sep;109(9):1591–1596. DOI: 10.1016/s0161-6420(02)01158-2
57. Lam D.S., Leung D.Y., Tham C.C., Li F.C., Kwong Y.Y., Chiu T.Y., Fan D.S. Randomized trial of early phacoemulsification versus peripheral iridotomy to prevent intraocular pressure rise after acute primary angle closure. *Ophthalmology*. 2008 Jul;115(7):1134–1140. DOI: 10.1016/j.ophtha.2007.10.033
58. Kwon J., Sung K.R., Han S. Long-term Changes in Anterior Segment Characteristics of Eyes With Different Primary Angle-Closure Mechanisms. *Am J Ophthalmol*. 2018 Jul;191:54–63. DOI: 10.1016/j.ajo.2018.04.005
59. Han S, Sung K.R., Lee K.S., Hong J.W. Outcomes of laser peripheral iridotomy in angle closure subgroups according to anterior segment optical coherence tomography parameters. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014 Sep 23;55(10):6795–6801. DOI: 10.1167/iovs.14-14714
60. Kwon J., Sung K.R., Han S., Moon Y.J., Shin J.W. Subclassification of Primary Angle Closure Using Anterior Segment Optical Coherence Tomography and Ultrasound Biomicroscopic Parameters. *Ophthalmology*. 2017 Jul;124(7):1039–1047. DOI: 10.1016/j.ophtha.2017.02.025

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

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

Консультативно-диагностический отдел Центра офтальмологии Федерального медико-биологического агентства России, ФГБУ ГНЦ РФ «Федеральный биофизический центр им. А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства России

Академия постдипломного образования ФБГУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» Федерального медико-биологического агентства России

Курышева Наталия 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
проспект 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

Diagnostic Department of the Ophthalmological Center of Federal Medical-Biological Agency of Russia

Academy of postgraduate education under FSBU FSCC of FMBA of Russia
Kuryshva 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
26/2 Budenny ave., Moscow, 105118, Russian Federation

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