

DOI: <https://doi.org/10.25276/2410-1257-2021-2-79-83>

Комплексная визуализация переднего сегмента глаза в диагностике, мониторинге и лечении болезни закрытого угла

Г.А. Шарова¹, Н.И. Курышева^{2,3,4}¹ООО «Глазная клиника доктора Беликовой», Москва²Медико-биологический университет инноваций и непрерывного образования ФГБУ ГНЦ РФ «Федеральный биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, Москва³Консультативно-диагностический отдел Центра офтальмологии ФМБА России, ФГБУ ГНЦ РФ «ФМБЦ им. А.И. Бурназяна» ФМБА, Москва⁴Кафедра офтальмологии АПО ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, Москва

РЕФЕРАТ

Цель. Обзор литературных данных, посвященных роли визуализации переднего сегмента глаза в диагностике, мониторинге и лечении болезни первичного закрытого угла. Представлен анализ результатов применения современных технических устройств – оптической когерентной томографии переднего отрезка (AS-OCT), ультразвуковой биомикроскопии, Шаймпфлюг-камеры, оценка преимуществ и недостатков в сравнении с гониоскопией. 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. Качественный и количественный анализ

данных на основе оптической когерентной томографии, ультразвуковой биомикроскопии, данных Шаймпфлюг-камеры подтверждает высокую сопоставимость с гониоскопией, однако каждый из методов дополняет друг друга.

Заключение. Визуализация переднего сегмента глаза является эталоном в современной диагностике и оценке эффективности лечения болезней первичного закрытия угла. Мультиmodalная визуализация повышает возможности точной диагностики и правильного выбора тактики лечения.

Ключевые слова: первичное закрытие угла, первичная закрытоугольная глаукома, оптическая когерентная томография, ультразвуковая биомикроскопия. ■

Точка зрения. Восток – Запад. 2021;2:79–83.

ABSTRACT

Complex visualization of the anterior segment of the eye in the diagnosis, monitoring and treatment of angle closed disease

G.A. Sharova¹, N.I. Kuryshcheva^{2,3,4}¹Ophthalmology Clinic of Dr. Belikova, Moscow²The Department of Eye Diseases at the Medical Biological University of Innovations and Continuing Education of the Federal Biophysical Center named after A.I. Burnazyan, Moscow³Diagnostic Department of the Ophthalmological Center of Federal Medical-Biological Agency of, Moscow⁴Institute of Advanced Training of Federal Medical and Biological Agency, the Chair of Ophthalmology, Moscow

The aim of this work is to review the literature on the role of anterior segment imaging in the diagnosis, monitoring, and treatment of primary angle closed disease. An analysis of the use of modern technical devices – optical coherence tomography of the anterior segment (AS-OCT), ultrasonic biomicroscopy, Scheimpflug camera – is presented, the advantages and disadvantages in comparison with gonioscopy are assessed. 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 analysis of data based on optical coherence

tomography, ultrasound biomicroscopy, and Scheimpflug camera data confirms high comparability with gonioscopy, but each of the methods complements each other.

Conclusion. Visualization of the anterior segment of the eye is the standard in modern diagnostics and evaluation of the effectiveness of treatment of primary angle closure disease. Multimodal imaging improves the ability to accurately diagnose and choose the right treatment strategy.

Key words: primary angle closure, primary angle-closure glaucoma, optical coherence tomography, ultrasound biomicroscopy, Scheimpflug camera, gonioscopy. ■

Point of View. East – West. 2021;2:79–83.

Глаукома по-прежнему остается ведущей причиной необратимой слепоты, по мере роста продолжительности жизни населения можно ожидать увеличения ее заболеваемости. По данным У.С. Tham et al., в 2013 г. количество людей во всем мире в возрасте 40–80 лет с закрытоугольной глаукомой составило более 20 миллионов, в 2020 г. – около 23 миллионов, а к 2040 г. по прогнозу авторов оно должно увеличиться до 32 [1]. В случае первичной закрытоугольной глаукомы (ПЗУГ) риск двусторонней слепоты в 3 раза выше, чем при открытоугольной [2].

В соответствии с классификацией R.J. Foster et al. подтипы болезни первичного закрытия угла включают подозрение на первичное закрытие угла, первичное закрытие угла и ПЗУГ [3]. Подозрение на первичное закрытие угла (ППЗУ) характеризуется наличием иридоотрабуклярного контакта (ИТК) протяженностью более двух квадрантов, нормальным внутриглазным давлением (ВГД), отсутствием периферических синехий и глаукомной оптической нейропатии. 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, фиксируют ПЗУГ, при этом на момент осмотра гониосинехии и повышенное ВГД могут отсутствовать.

Чаще всего аппозиционное и/или гониосинехиальное закрытие угла передней камеры (УПК) вызвано зрачковым блоком, препятствующими оттоку внутриглазной жидкости из задней камеры в переднюю. Анатомические факторы риска в виде аномалий на уровне радужки, цилиарного тела, хрусталика запускают каскад внезрачковых блоков. Кроме того, динамические изменения в передней сосудистой оболочке постулируются как главный патогенетический фактор для развития ПЗУГ [4]. Определение механизмов и факторов риска развития ПЗУГ в каждом конкретном случае имеет решающее значение для выбора стратегии лечения. Точная диагностика, мони-

торинг и оценка результатов лечения всех подтипов болезни закрытого угла невозможны без применения методов визуализации переднего сегмента глаза. Совершенствование технологий наблюдения способствует улучшению нашего представления о патогенезе ПЗУГ, оптимизирует менеджмент в здравоохранении путем выявления групп риска, определения баланса рентабельности и эффективности лечения [5].

Целью настоящей работы является обзор литературных данных, посвященный роли визуализации переднего сегмента глаза в диагностике, мониторинге и лечении болезни первичного закрытого угла.

Золотым стандартом оценки УПК признана гониоскопия, позволяющая напрямую визуализировать пигментацию, гониосинехии, неоваскуляризацию, анализировать динамику открытия УПК. Однако, на интерпретацию результатов влияют многие факторы, одним из которых является опыт и навык специалиста. D.K. Varma et al. сообщили, что 8,9% тех, кто был направлен на лечение глаукомы в специализированный медицинский центр по причине ПОУГ, на самом деле имели закрытый угол. В это число не вошли 73,8% обращений пациентов к специалистам, поскольку в этих случаях вообще не было данных о состоянии УПК [6]. Сообщалось о значительном количестве не выявленных случаев ПЗУ и ППЗУ, в том числе и среди пациентов с катарактой [7].

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 т. ч. по причине лимита времени. В исследованиях H.A. Quigley et al. и L.H. Hertzog et al. результаты гониоскопии были зарегистрированы только в половине случаев [8, 9]. Даже в специализированных учреждениях гониоскопией могут пренебрегать [10]. Вместе с тем субъективный характер оценки, воспроизводимости данного метода, влияние освещенности и непреднамеренной компрессии во время исследования могут приводить к неэффективности метода [11].

Визуализация переднего сегмента глаза реализуется с помощью современных технических устройств: оптической когерентной томографии (ОКТ), ультразвуковой биомикроскопии (УБМ), Шаймпфлюг-камеры.

Для диагностики болезней ПЗУ используются ОКТ переднего сегмента глаза (AS-ОКТ), ОКТ с частотно-модулируемым источником (Swept Source), либо спектральные оптические когерентные томографы для визуализации заднего сегмента, но с адаптером, позволяющим быстро и неинвазивно получить 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. Согласно исследованию P. Campbell et al. повторяемость на AS-ОКТ превосходит гониоскопию, несмотря на то, что последняя считается «золотым стандартом» [12]. Аналитическое программное обеспечение позволяет выполнить объективную количественную оценку параметров УПК с целью исследования ИТК. В качестве анатомического ориентира идентифицируют склеральную шпору. В большинстве случаев исследуют угол в градусах, площадь и дистанцию между радужкой и задней поверхностью роговицы в интервале 500 мкм и 750 мкм впереди от склеральной шпоры (рис.).

Трудности в идентификации склеральной шпоры встречаются примерно на одной трети изображений [13, 14]. Многочисленные исследования по поводу чувствительности и специфичности AS-ОКТ-визуализации для диагностики топографии закрытого УПК продемонстрировали разброс данных: чувствительность – от 64 до 100% и специфичность – от 55 до 100% [13, 15–24]. При этом критерии включения и исключения отличались, а в качестве эталона параметров изображения использовалась гониоскопия, несмотря на то, что ее оценка широко варьирует среди исследователей [25]. S. Chansangpetch et al. пришли к выводу, что ОКТ переднего отрезка позволяет лучше понять основные механизмы закрытия угла, сле-

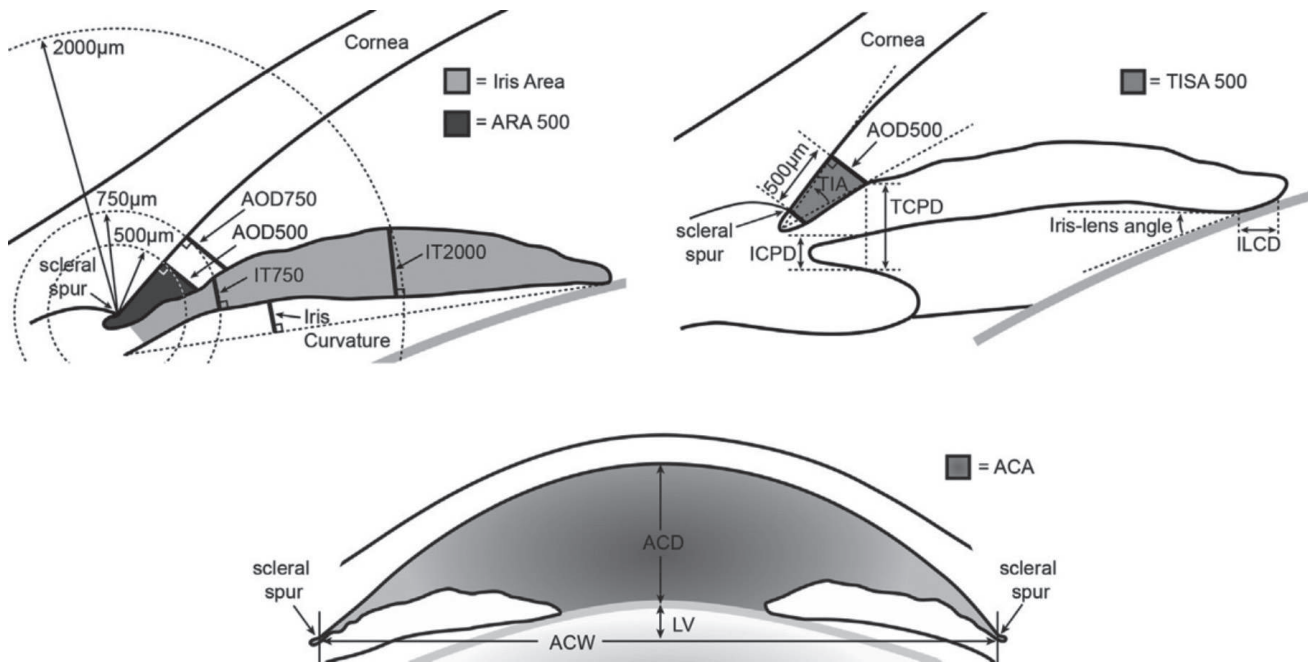


Рис. Параметры переднего отрезка глаза. ACA (площадь передней камеры); ACD (глубина передней камеры); ACW (ширина передней камеры); AOD (дистанция открытия угла передней камеры); ARA (площадь иридотрабекулярной выемки); ICPD (дистанция между корнем радужки и цилиарным телом); ILCD (протяженность иридохрусталикового 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)

довательно, может быть использована как скрининг для выявления пациентов с риском закрытия угла [25].

УПК может быть исследован по разным меридианам. Технически проще измерять горизонтальные углы, так как отсутствует экранизация верхним веком. Однако Е.К. Melese et al. обнаружили, что горизонтальные углы менее надежны для диагностики узких углов по сравнению с верхним и нижним углами [24]. На изображениях, сделанных горизонтально или вертикально, можно пропустить сужение угла (в отличие от гониоскопии) по причине изменения конфигурации радужки по всей окружности [11]. Верхний угол является самым узким с наибольшей вероятностью ИТК, гониосинехий, а нижний угол самый широкий [26, 27].

AS-визуализация предоставляет как качественный, так и количественный анализ результатов лазерного и хирургического лечения болезней ПЗУ (БПЗУ), а также может являться предиктором снижения ВГД [28]. Снижение офтальмотонуса после факоэмульсификации

с имплантацией ИОЛ (ФЭ+ИОЛ) у пациентов с узким УПК коррелировало с увеличением AOD 500 (длиной перпендикуляра между задней поверхностью роговицы и передней поверхностью радужки, опущенной из точки, расположенной в 500 мкм от склеральной шпоры, см. рис.) [29]. Существует множество доказательств значительного увеличения УПК после лазерной иридотомии (ЛИТ) и лазерной иридопластики при БПЗУ по различным параметрам, полученным с помощью AS-визуализации [30-37].

ОКТ с частотно-модулируемым источником (Swept Source) для переднего отрезка использовали Е.К. Melese et al. с целью исследования пороговых значений параметров УПК при открытых, узких и пограничных углах [24]. Были рассчитаны следующие параметры: AOD (длина перпендикуляра между задней поверхностью роговицы и передней поверхностью радужки, опущенной из точки, расположенной в 500 мкм от склеральной шпоры), площадь иридотрабекулярного пространства (TISA), объем окружности

ИТК (TICV), длина ИТК (ITC), а также протяженность и площадь ИТК. Высокую диагностическую ценность продемонстрировали AOD, TICV500 и TICV750 (рис.). Это устройство может выполнять анализ иридотрабекулярного контакта на 360°. Исследования в области изучения параметров ОКТ-SS, характеризующих ИТК, продемонстрировали высокую диагностическую ценность [18, 21, 38-40].

Тем не менее, параметры, характеризующие ИТК на ОКТ переднего отрезка, не способны отличить аппозиционное закрытие УПК от гониосинехиального в отличие от гониоскопии, признанной эталоном для выявления БПЗУ. В настоящее время недостаточно доказательств успешного применения ОКТ-технологий, чтобы преодолеть это ограничение, необходимы дальнейшие исследования для определения пороговых значений параметров УПК в развитии БПЗУ [25].

Безусловно, важен тот факт, что ОКТ переднего отрезка позволяет исследовать механизмы не только зрачкового блока. Несмотря на не-

достатки в визуализации цилиарной борозды, AS-визуализация информативна в диагностике синдрома плоской радужки, или «плато радужки». Параметры радужки, хрусталика и передней камеры могут быть независимыми факторами риска закрытия УПК [25]. В исследовании N. Shabana et al. было выявлено, что глаза с плоской радужкой имели более глубокую 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.). Глаза с высоким сводом хрусталика имели более мелкую ПК по сравнению с глазами со зрачковым блоком [41].

В поиске предикторов закрытия угла исследователи опираются на следующие ключевые параметры: параметры радужки (площадь, толщина, профиль), хрусталика (толщина, свод – дистанция между передним полюсом хрусталика и горизонтальной линией, соединяющей 2 склеральные шпоры, положение хрусталика (lens position (LP) – глубина ПК плюс ½ толщины хрусталика, относительное положение хрусталика (relative LP), отношение положения хрусталика к аксиальной длине глаза [42], ПК (глубина, ширина, площадь, объем) (рис.). В частности, R.Y. Wu et al. обнаружили, что меньшая площадь и объем ПК в значительной степени ассоциированы с узким углом [43]. Исследование среди сингапурского населения выявило связь между средней шириной ПК и узким углом [44]. По данным E. Atalay et al., самым надежным предиктором закрытия угла является толщина радужки в интервале 750 мкм от склеральной шпоры [45].

Изображения поперечного сечения в реальном времени создает также ультразвуковая биомикроскопия (УБМ), позволяющая оценить динамические изменения и визуализировать пространство за радужкой, в т.ч. при мутной роговице. Она позволяет визуализировать цилиарную и хориоидальную эффузию, подвывих хрусталика, кисту цилиарного тела, опухоль и т.д. [46]. Кроме того, данное исследование позволяет идентифицировать зрачковый блок, плато и складки радужки, а также так назы-

ваемую «вулканоподобную» ее конфигурацию [47]. Известны УБМ-критерии для визуальной диагностики плато радужки, ставшие «золотым стандартом», и включающие переднюю ротацию ресничных отростков со смещением кпереди прилежащей радужки, крутым подъемом ее корня, плоскую центральную часть радужки, отсутствие цилиарной борозды и ИТК [48, 49]. Y. Jiang et al. подробно изучили параметры толщины радужки, ее профиль, зону прикрепления, угол наклона, параметры и топографию цилиарного тела по данным УБМ при ППЗУ. Авторы пришли к выводу, что именно толщина базальной радужки более актуальна для ППЗУ [50]. По мнению Y. Barkana et al., УБМ хорошо согласуется с гониоскопией [51].

Детальная визуализация всех структур переднего сегмента глазного яблока возможна с помощью ротационной Шаймпфлог-камеры. Технологической основой этого инструмента является известный в профессиональной фотосъемке принцип Шаймпфлога, позволяющий получать резкое изображение всего объекта, находящегося под углом к фотографу. С помощью компьютерного анализа на основании полученных данных строится трехмерная модель переднего сегмента глаза. Область интересов при БПЗУ включает следующие параметры: глубину ПК по всей окружности, объем ПК, автоматический расчет УПК по окружности на 3600, пахиметрическую карту, Шаймпфлог-изображение интерфейса ПК. Однако прямая визуализация УПК затруднена в связи с корнеосклеральной экранизацией света. Кроме того, радужка представлена в виде прямой линии, что не соответствует ее реальному профилю. Эти факторы снижают точность угловых параметров [51, 52].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основываясь на представленных данных обзора литературы, можно резюмировать, что визуализация структур переднего сегмента глаза представляет собой важную часть стратегии, направленной на решение проблемы выявления факторов риска, диагностику, мониторинг и

оценку эффективности лечения болезни первичного закрытия угла. Качественный и количественный анализ данных на основе оптической когерентной томографии, ультразвуковой биомикроскопии, данных Шаймпфлог-камеры подтверждает высокую сопоставимость с гониоскопией. В то же время, комплексное использование описанных методов (мультимодальный подход) существенно повышает качество диагностики, что, несомненно, играет ключевую роль в выборе тактики лечения закрытого угла передней камеры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tham Y.C., Li X., Wong T.Y. et al. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology*. 2014; 121(11): 2081-2090.
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; 40(4): 381-387.
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; 86(2): 238-242.
4. Aptel F., Chiquet C., Beccat S., Denis P. Biometric evaluation of anterior chamber changes after physiologic pupil dilation using Pentacam and anterior segment optical coherence tomography. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*. 2012; 53(7): 4005-4010.
5. Sun X., Dai Y., Chen Y. et al. Primary angle closure glaucoma: What we know and what we don't know. *Prog. Retin. Eye Res*. 2017; 57: 26-45.
6. Varma D.K., Simpson S.M., Rai A.S., Ahmed I.K. Undetected angle closure in patients with a diagnosis of open-angle glaucoma. *Can. J. Ophthalmol*. 2017; 52(4): 373-378.
7. Varma D.K., Kletke S.N., Rai A.S., Ahmed I.K. Proportion of undetected narrow angles or angle closure in cataract surgery referrals. *Can. J. Ophthalmol*. 2017; 52(4): 366-372.
8. 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; 114(9): 1599-1606.
9. 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; 103(7): 1009-1013.
10. Zebardast N., Solus J.F., Quigley H.A. et al. Comparison of resident and glaucoma faculty practice patterns in the care of open-angle glaucoma. *BMC Ophthalmol*. 2015; 15: 41.

11. Sakata L.M., Lavanya R., Friedman D.S. et al. Comparison of gonioscopy and anterior segment optical coherence tomography in detecting angle closure in different quadrants of the anterior chamber angle. *Ophthalmology*. 2008; 115(5): 769-774.
12. Campbell P., Redmond T., Agarwal R. et al. Repeatability and comparison of clinical techniques for anterior chamber angle assessment. *Ophthalmic Physiol. Opt.* 2015; 35(2): 170-178.
13. Radhakrishnan S., Goldsmith J., Huang D. et al. Comparison of optical coherence tomography and ultrasound biomicroscopy for detection of narrow anterior chamber angles. *Arch. Ophthalmol.* 2005; 123(8): 1053-1059.
14. Sakata L.M., Lavanya R., Friedman D.S. et al. Assessment of the scleral spur in anterior segment optical coherence tomography images. *Arch. Ophthalmol.* 2008; 126(2): 181-185.
15. Nolan W.P., See J.L., Chew P.T. et al. Detection of primary angle closure using anterior segment optical coherence tomography in Asian eyes. *Ophthalmology*. 2007; 114(1): 33-39
16. Wirbelauer C., Karandish A., H berle H., Pham D.T. Noncontact gonioscopy with optical coherence tomography. *Arch. Ophthalmol.* 2005; 123(2): 179-185.
17. Lavanya R., Foster P.J., Sakata L.M. et al. Screening for narrow angles in the singapore population: evaluation of new noncontact screening methods. *Ophthalmology*. 2008; 115(10): 1720-1727.
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; 40(4): 389-398.
19. Wong H.T., Chua J.L., Sakata L.M. et al. Comparison of slitlamp optical coherence tomography and scanning peripheral anterior chamber depth analyzer to evaluate angle closure in Asian eyes. *Arch. Ophthalmol.* 2009; 127(5): 599-603.
20. Narayanaswamy A., Sakata L.M., He M.G. et al. Diagnostic performance of anterior chamber angle measurements for detecting eyes with narrow angles: an anterior segment OCT study. *Arch. Ophthalmol.* 2010; 128(10): 1321-1327.
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; 25(5): 603-611.
22. Nongpiur M.E., Haaland B.A., Friedman D.S. et al. Classification algorithms based on anterior segment optical coherence tomography measurements for detection of angle closure. *Ophthalmology*. 2013; 120(1): 48-54.
23. Dabasia P.L., Edgar D.F. et al. Noncontact Screening Methods for the Detection of Narrow Anterior Chamber Angles. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2015; 56(6): 3929-3935.
24. Melese E.K., Chan J.D., Blieden L.S. et al. Determination and Validation of Thresholds of Anterior Chamber Parameters by Dedicated Anterior Segment Optical Coherence Tomography. *Am. J. Ophthalmol.* 2016; 169: 208-217.
25. Chansangpetch S., Rojanapongpun P., Lin S.C. Anterior Segment Imaging for Angle Closure. *Am. J. Ophthalmol.* 2018; 188.
26. Razeghinejad M.R., Myers J.S. Contemporary approach to the diagnosis and management of primary angle-closure disease. *Surv. Ophthalmol.* 2018; 63(6): 754-768.
27. Архипова А.Н., Туркина К.И. Объемная оценка угла передней камеры в здоровых глазах с помощью оптической когерентной томографии. *Офтальмологические ведомости*. 2017; 10(3): 18-21.
28. Huang G., Gonzalez E., Lee R. et al. Association of biometric factors with anterior chamber angle widening and intraocular pressure reduction after uneventful phacoemulsification for cataract. *J. Cataract Refract. Surg.* 2012; 38(1): 108-116.
29. Huang G., Gonzalez E., Peng P.H. et al. Anterior chamber depth, iridocorneal angle width, and intraocular pressure changes after phacoemulsification: narrow vs open iridocorneal angles. *Arch. Ophthalmol.* 2011; 129(10): 1283-1290.
30. Moghimi S., Chen R., Johari M. et al. Changes in Anterior Segment Morphology After Laser Peripheral Iridotomy in Acute Primary Angle Closure. *Am. J. Ophthalmol.* 2016; 166: 133-140.
31. Friedman D.S., Aung T. Changes in anterior segment morphology after laser peripheral iridotomy: an anterior segment optical coherence tomography study. *Ophthalmology*. 2012; 119(7): 1383-1387.
32. Yoong Leong J.C., O'Connor J. et al. Anterior Segment Optical Coherence Tomography Changes to the Anterior Chamber Angle in the Short-term following Laser Peripheral Iridoplasty. *J. Curr. Glaucoma Pract.* 2014; 8(1): 1-6.
33. Lee R.Y., Kasuga T., Cui Q.N. et al. Association between baseline iris thickness and prophylactic laser peripheral iridotomy outcomes in primary angle-closure suspects. *Ophthalmology*. 2014; 121(6): 1194-1202.
34. Lee R.Y., Kasuga T., Cui Q.N. et al. Association between baseline angle width and induced angle opening following prophylactic laser peripheral iridotomy. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2013; 54(5): 3763-3770.
35. Ang B.C., Nongpiur M.E., Aung T. et al. Changes in Japanese eyes after laser peripheral iridotomy: an anterior segment optical coherence tomography study. *Clin. Exp. Ophthalmol.* 2016; 44(3): 159-165.
36. Zebardast N., Kavitha S., Krishnamurthy P. et al. Changes in Anterior Segment Morphology and Predictors of Angle Widening after Laser Iridotomy in South Indian Eyes. *Ophthalmology*. 2016; 123(12): 2519-2526.
37. 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.
38. Baskaran M., Ho S.W., Tun T.A. et al. Assessment of circumferential angle-closure by the iris-trabecular contact index with swept-source optical coherence tomography. *Ophthalmology*. 2013; 120(11): 2226-2231.
39. Lai I., Mak H., Lai G. et al. Anterior chamber angle imaging with swept-source optical coherence tomography: measuring peripheral anterior synechia in glaucoma. *Ophthalmology*. 2013; 120(6): 1144-1149.
40. Tun T.A., Baskaran M., Perera S.A. et al. 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; 99(7): 927-931.
41. Shabana N., Aquino M.C., See J. et al. Quantitative evaluation of anterior chamber parameters using anterior segment optical coherence tomography in primary angle closure mechanisms. *Clin. Exp. Ophthalmol.* 2012; 40(8): 792-801.
42. Nongpiur M.E., He M., Amerasinghe N. et al. Lens vault, thickness, and position in Chinese subjects with angle closure. *Ophthalmology*. 2011; 118(3): 474-479.
43. Wu R.Y., Nongpiur M.E., He M.G. et al. Association of narrow angles with anterior chamber area and volume measured with anterior-segment optical coherence tomography. *Arch. Ophthalmol.* 2011; 129(5): 569-574.
44. Nongpiur M.E., Sakata L.M. et al. Novel association of smaller anterior chamber width with angle closure in Singaporeans. *Ophthalmology*. 2010; 117(10): 1967-1973.
45. Atalay E., Nongpiur M.E., Baskaran M. Biometric Factors Associated With Acute Primary Angle Closure: Comparison of the Affected and Fellow Eye. *Invest. Ophthalmol Vis. Sci.* 2016; 57(13): 5320-5325.
46. Maslin J.S., Barkana Y., Dorairaj S.K. Anterior segment imaging in glaucoma: An updated review. *Indian. J. Ophthalmol.* 2015; 63(8): 630-640.
47. He M., Foster P.J., Johnson G.J., Khaw P.T. Angle-closure glaucoma in East Asian and European people. Different diseases? *Eye (Lond)*. 2006; 20(1): 3-12.
48. Ursea R., Silverman R.H. Anterior-segment imaging for assessment of glaucoma. *Expert. Rev. Ophthalmol.* 2010; 1; 5(1): 59-74.
49. Pavlin C.J., Ritch R., Foster E.S. Ultrasound biomicroscopy in plateau iris syndrome. *Am. J. Ophthalmol.* 1992; 113(4): 390-395.
50. Jiang Y., He M. et al. Qualitative assessment of ultrasound biomicroscopic images using standard photographs: the liwan eye study. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2010; 51(4): 2035-2042.
51. Barkana Y. et al. Agreement between gonioscopy and ultrasound biomicroscopy in detecting iridotrabecular apposition. *Arch. Ophthalmol.* 2007; 125(10): 1331-1335.
52. 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; 25(5): 603-611.
53. Hong X.J. et al. Progress in anterior chamber angle imaging for glaucoma risk prediction – A review on clinical equipment, practice and research. *Med. Eng. Phys.* 2016; 38(12): 1383-1391.