

Динамические биометрические показатели структур переднего сегмента глаза при первичной закрытоугольной глаукоме

Г.В. Воронин^{1,2}А.А. Эль-Сангахави²Н.С. Аветисов¹В.Д. Ярцев¹М.Н. Нарбут¹

¹ ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

² Институт клинической медицины имени Н.В. Склифосовского
ФГАОВ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова»
Министерства здравоохранения, Российской Федерации (Сеченовский Университет), кафедра глазных болезней
ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Москва, 119991, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2021;18(3):470–475

Введение. Первичная закрытоугольная глаукома (ПЗУГ) остается одной из ведущих причин необратимой слепоты. К известным факторам риска, предрасполагающим к развитию ПЗУГ, относят ряд биометрических изменений глаза: существенное уменьшение переднезадней оси, диаметра роговицы, глубины передней камеры и ширины угла передней камеры (УПК), а также увеличение толщины радужки и хрусталика. **Цель исследования:** оценка динамических биометрических характеристик структур переднего сегмента глаза при ПЗУГ. **Пациенты и методы.** Проанализированы результаты оптической когерентной томографии у 40 пациентов с ПЗУГ и у 40 обследуемых без признаков нарушения гидродинамики, составивших контрольную группу. В каждом случае исследования были проведены в фотопических и мезопических условиях при освещенности в 200 и 40 Лк соответственно. Снимки были получены при помощи оптического когерентного томографа RTVue-100-2 (Optovue, США) со специальной насадкой для визуализации структур передней камеры глаза. Биометрические измерения были осуществлены при помощи стандартного программного обеспечения томографа; волюметрические исследования — на основе теоремы Паппа — Гульдина с дополнительными построениями, выполненными при помощи программ Inkscape 0.92 и GNU Image Manipulation Program 2.10.20. При анализе полученных изображений оценивали 13 различных линейных и объемных параметров. **Результаты.** Отмечено уменьшение параметров, отражающих особенности конфигурации передней камеры глаза, при наличии ПЗУГ (ширина УПК, глубина и объем передней камеры). С точки зрения возможного влияния на состояние угла передней камеры необходимо выделить изменения таких показателей, как площадь, объем и толщина радужки. Независимо от условий обследования эти показатели в среднем были существенно больше при ПЗУГ и при снижении уровня освещенности практически не менялись. В то же время при отсутствии нарушений гидродинамики в мезопических условиях, несмотря на увеличение толщины радужки, отмечено достоверное уменьшение ее площади и объема. **Заключение.** Биометрические изменения структур переднего сегмента глаза при ПЗУГ касаются не только линейных, но и объемных показателей. В качестве определенного компонента нарушений гидродинамики при ПЗУГ следует рассматривать выявленное сохранение исходного объема радужки при дилатации зрачка в мезопических условиях, в то время как при отсутствии гидродинамических нарушений этот показатель уменьшался. Эти данные подтверждают имеющиеся наблюдения, согласно которым в патогенезе ПЗУГ может иметь значение не только сужение УПК, но и сравнительно большой объем радужки. Исходя из этого фактором риска клинических проявлений ПЗУГ следует считать не только статические изменения биометрических характеристик структур переднего сегмента глаза, но и их динамические флюктуации, что обуславливает практическую значимость динамических биометрических исследований у пациентов с подозрением на ПЗУГ.

Ключевые слова: первичная закрытоугольная глаукома, биометрия, оптическая когерентная томография переднего сегмента глаза

Для цитирования: Воронин Г.В., Эль-Сангахави А.А., Аветисов Н.С., Ярцев В. Д., Нарбут М.Н. Динамические биометрические показатели структур переднего сегмента глаза при первичной закрытоугольной глаукоме. *Офтальмология*. 2021;18(3):470–475. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-3-470-475>

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

Конфликт интересов отсутствует



Dynamic Biometric Indicators of the Anterior Segment Structure of the Eye in Primary Angle-Closure Glaucoma

G.V. Voronin^{1,2}, A.A. El-Sangahawi², H.S. Avetisov¹, V.D. Yartsev¹, M.N. Narbut¹

¹ Research Institute of Eye Diseases

Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation

² Department of Eye Diseases of the N.V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)
Trubetskaya str., 8, buld. 2, Moscow, 119991, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2021;18(3):470–475

Introduction. Primary angle-closure glaucoma (PACG) remains one of the leading causes of irreversible blindness. Up to date, a significant amount of data has been accumulated concerning the biometric parameters of the eye in PACG, however, there is a lack of information on the dynamic characteristics of these parameters. **Objective:** to evaluate the dynamic biometric characteristics of the structures of the anterior segment of the eye in PACG. **Patients and methods.** The results of optical coherence tomography were analyzed in 40 patients with PACG and in 40 patients without signs of hydrodynamic disorder. The studies were carried out under photopic and mesopic illumination conditions. The scanned images were obtained using an RTVue-100-2 optical coherence tomograph device (Optovue, USA). Biometric measurements were performed using standard tomograph software; volumetric studies were carried out based on the Pappus-Guldinus theorem with additional constructions. When analyzing the obtained images, 13 different linear and volumetric parameters were evaluated. **Results.** A decrease in the parameters reflecting the features of the configuration of the anterior chamber of the eye was noted in the presence of PACG (width of the ACA, depth and volume of the anterior chamber). From the point of view of the possible influence on the state of the anterior chamber angle, it is necessary to highlight changes in such indicators as the area, volume and thickness of the iris. Regardless of the conditions of the examination, these indicators, on average, were significantly higher in the PACG and practically did not change with a decrease in the level of illumination. At the same time, in the absence of disturbances in hydrodynamics under mesopic conditions, despite an increase in the thickness of the iris, a significant decrease in its area and volume was noted. **Conclusion.** Biometric changes in the structures of the anterior segment of the eye in the case of PACG relate not only to linear, but also to volumetric indicators. As a certain component of hydrodynamic disorders in the case of PACG, the revealed preservation of the iris volume during pupil dilation under mesopic illumination conditions should be considered, while in the absence of hydrodynamic disorders, this indicator decreased. Therefore, not only static changes in the biometric characteristics of the structures of the anterior segment of the eye, but also their dynamic fluctuations, should be considered as a risk factor for clinical manifestations of PACG, which determines the practical significance of dynamic biometric studies in the examination of patients with suspected PACG.

Keywords: Primary angle-closure glaucoma, iris, biometric parameters

For citation: Voronin G.V., El-Sangahawi A.A., Avetisov H.S., Yartsev V.D., Narbut M.N. Dynamic Biometric Indicators of the Anterior Segment Structure of the Eye in Primary Angle-Closure Glaucoma. *Ophthalmology in Russia*. 2021;18(3):470–475. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-3-470-475>

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

There is no conflict of interests

Первичная закрытоугольная глаукома (ПЗУГ) остается одной из ведущих причин необратимой слепоты [1–3]. К известным факторам риска, предрасполагающим к развитию ПЗУГ, по данным классических руководств относят ряд биометрических изменений глаза: существенное уменьшение переднезадней оси (т.н. короткий глаз), диаметра роговицы (микрокорнеа), глубины передней камеры и ширины угла передней камеры (УПК), а также увеличение толщины радужки и хрусталика (т.н. большой хрусталик).

Следует отметить, что широко употребляемый для характеристики «коротких» глаз термин «большой хрусталик» нуждается в некотором уточнении. Согласно результатам собственных сравнительных ультразвуковых биометрических исследований, несмотря на увеличение толщины хрусталика в центральной зоне при уменьшении передне-задней оси, общий объем хрусталика увеличивается незначительно (в среднем на 12 и 4,3 % соответственно), в то же время соотношение

«объем хрусталика / объем глаза» существенно (в среднем на 33 %) увеличивается. Таким образом, характеризуя биометрические изменения в «коротких» глазах, правильнее говорить не о «большом», а «относительно большом» хрусталике,

Клинические наблюдения свидетельствуют о возможности развития ПЗУГ в случае отсутствия указанных выше факторов риска и, наоборот, отсутствия нарушений гидродинамики — при их наличии [5, 7]. В некоторых этнических популяциях риск развития ПЗУГ многократно выше, чем в других, что также не имеет убедительного объяснения с позиций биометрических особенностей глаза [8, 9]. В связи с этим определенный интерес представляет изучение возможного влияния на гидродинамику особенностей анатомического строения радужки.

По данным литературы, радужка в ряде случаев имеет структуру губки, что может приводить к уменьшению жидкостного компонента при констрикции,

связанной с расширением зрачка [10–12]. Существует мнение, что при ПЗУГ этот механизм может быть нарушен, вследствие этого при дилатации зрачка относительно больший по объему фрагмент радужки оказывается в зоне угла передней камеры (УПК), что может приводить к блокаде дренажа внутриглазной жидкости.

Цель настоящего исследования — оценка динамических биометрических характеристик структур переднего сегмента глаза при ПЗОУГ.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Исследование было проведено на базе ФГБНУ «НИИ глазных болезней» после одобрения локального биоэтического комитета и информированного добровольного согласия обследуемых. В рамках исследования проанализированы результаты оптической когерентной томографии (ОКТ) пациентов (40 случаев) с ПЗУГ, ранее перенесших лазерную периферическую иридэктомию с положительным клиническим результатом, которые составили 1-ю группу, а также результаты аналогичного исследования у пациентов без признаков нарушения гидродинамики (40 случаев), которые составили контрольную 2-ю группу. Величина передне-задней оси в 1-й и 2-й группах в среднем составила $22,1 \pm 2,4$ и $22,9 \pm 3,1$ мм соответственно.

В каждом случае исследования были проведены в фотопических и мезопических условиях при освещенности в 200 и 40 лк соответственно. Снимки были получены при помощи оптического когерентного томографа RTVue-100-2 (Optovue, США) со специальной насадкой для визуализации структур передней камеры глаза. Биометрические измерения были осуществлены при помощи стандартного программного обеспечения томографа; волюметрические исследования — на основе теоремы Паппа — Гульдина с дополнительными построениями, выполненными при помощи программ InkScape 0.92 и GNU Image Manipulation Program 2.10.20.

При анализе полученных изображений отмечали следующие параметры:

- градусная мера УПК: угол между радужной оболочкой и роговицей в дренажной зоне;
- ширина УПК на расстоянии 500 мкм (AOD 500): длина перпендикуляра между точкой на внутренней поверхности роговицы на расстоянии 500 мкм от склеральной шпоры и внутренней поверхностью радужки, в мкм;
- ширина УПК на расстоянии 750 мкм (AOD 750): длина перпендикуляра между точкой на внутренней поверхности роговицы на расстоянии 750 мкм от склеральной шпоры и внутренней поверхностью радужки, в мкм;
- длина радужки (CL): расстояние между корнем и свободным краем радужки, мм;
- диаметр зрачка: расстояние между двумя противоположными точками на свободном крае радужки, мм;
- толщина радужной оболочки: среднее расстояние между внутренней и внешней поверхностью радужной оболочки, мм;

- площадь радужной оболочки: площадь среза радужной оболочки, мм²;
- общий объем радужной оболочки, мм³;
- диаметр передней камеры: расстояние между противоположными точками склеральной шпоры, мм;
- глубина передней камеры: расстояние между центральными точками роговицы и зрачка, мм;
- площадь передней камеры: площадь области, занимаемой передней поверхностью радужки (включая зону зрачка), мм²;
- общий объем передней камеры, мм³;
- толщина роговицы: расстояние между передней и задней поверхностью роговицы, мм.

Статистическую обработку полученных результатов проводили при помощи комплекта программ LibreOffice 4.4.2.2 (The Document Foundation, ФРГ), Microsoft Office 2007 (Microsoft, США), программ IBM SPSS Statistics 22 (IBM, США) и SOFA Statistics 1.4.4 (Paton-Simpson & Associates, Новая Зеландия). Для графической обработки использовали GraphPad 6 (GraphPad Software, США). Для сравнения значений в группах использовали дисперсионный анализ. Различия считали достоверными при $p \leq 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данные, полученные при биометрических исследованиях в различных группах (включая результаты межгруппового сравнительного статистического анализа), представлены в таблицах 1–3.

К ожидаемым различиям в результатах, полученных в различных группах, следует отнести статистически достоверные различия практически всех биометрических показателей независимо от условий обследования (табл. 1). Отмечено уменьшение параметров, отражающих особенности конфигурации передней камеры глаза, при наличии ПЗУГ, т.е. в группе 1 (ширина УПК, AOD 500, AOD 750, глубина и объем передней камеры). Эти результаты подтверждают имеющиеся в литературе сведения, касающиеся анатомических факторов риска развития ПЗУГ [5, 6, 13, 14]. Однако, на наш взгляд, они не являются основой для полноценного объяснения причин потенциальной возможности сужения или блокады УПК.

С учетом возможного влияния радужки на состояние УПК определенный интерес представляют динамические характеристики, отражающие биометрические изменения в условиях различной ширины зрачка. В данном исследовании в качестве фактора, индуцирующего изменение ширины зрачка (дилатацию), использовали мезопические условия обследования и оценивали изменение таких показателей, как площадь, объем и толщина радужки. Независимо от условий обследования эти показатели в среднем были существенно больше при ПЗУГ и при снижении уровня освещенности практически не менялись (табл. 2). В то же время при отсутствии нарушений гидродинамики в мезопических условиях, несмотря на увеличение толщины радужки, отмечено достоверное

Таблица 1. Уровень значимости различий (p) биометрических показателей, полученных в различных группах**Table 1.** The level of significance (p) of biometric indicators in different groups

Показатель / Indicator	Фотооптические условия / Photopic conditions	Мезопические условия / Mesopic conditions
УПК, градусы / ACA, degree	<0,0001	<0,0001
AOD 500, мкм / AOD 500, mkm	<0,0001	<0,0001
AOD 750, мкм / AOD 750, mkm	<0,0001	<0,0001
Площадь радужки, мм ² / Iris area, mm ²	<0,0001	<0,0001
Объем радужки, мм ³ / Iris volume, mm ³	<0,0001	<0,0001
CL, мм / CL, mm	0,15	0,5
Толщина радужки, мм / Corneal thickness, mm	<0,0001	0,003
Диаметр зрачка, мм / Pupil size, mm	0,09	<0,0001
Диаметр передней камеры, мм / Anterior chamber depth, mm	<0,0001	<0,0001
Глубина передней камеры, мм / Anterior chamber depth, mm	<0,0001	<0,0001
Площадь передней камеры, мм ² / Anterior chamber area, mm ²	<0,0001	<0,0001
Объем передней камеры, мм ³ / Anterior chamber volume, mm ³	<0,0001	<0,0001
Толщина роговицы, мм / Corneal thickness, mm	<0,0001	<0,0001

Таблица 2. Биометрические показатели ($M \pm m$) у пациентов 1-й группы**Table 2.** Biometric indicators ($M \pm m$) in patients of group 1

Показатель / Indicator	Фотооптические условия / Photopic conditions	Мезопические условия / Mesopic conditions	P
УПК, градусы / ACA, degree	15,97 \pm 1,04 (13,89–18,02)	16,10 \pm 1,29 (13,53–18,23)	0,37
AOD 500, мкм / AOD 500, mkm	0,23 \pm 0,04 (0,13–0,40)	0,2 \pm 0,01 (0,18–0,22)	0,42
AOD 750, мкм / AOD 750, mkm	0,29 \pm 0,02 (0,25–0,33)	0,28 \pm 0,02 (0,22–0,33)	0,36
Площадь радужки, мм ² / Iris area, mm ²	2,71 \pm 0,10 (2,54–2,96)	2,68 \pm 0,09 (2,47–2,91)	0,48
Объем радужки, мм ³ / Iris volume, mm ³	68,94 \pm 2,76 (63,67–73,65)	69,66 \pm 2,53 (63,75–72,54)	0,71
CL, мм / CL, mm	4,47 \pm 0,10 (4,25–4,70)	4,37 \pm 0,09 (4,15–4,51)	0,06
Толщина радужки, мм / Corneal thickness, mm	0,75 \pm 0,02 (0,69–0,78)	0,77 \pm 0,02 (0,73–0,81)	0,01
Диаметр зрачка, мм / Pupil size, mm	3,89 \pm 0,18 (3,45–4,25)	4,10 \pm 0,13 (3,82–4,32)	0,00
Диаметр передней камеры, мм / Anterior chamber depth, mm	12,93 \pm 0,14 (12,75–13,29)	12,96 \pm 0,16 (12,66–13,31)	0,61
Глубина передней камеры, мм / Anterior chamber depth, mm	2,47 \pm 0,06 (2,32–2,60)	2,47 \pm 0,06 (2,33–2,63)	0,45
Площадь передней камеры, мм ² / Anterior chamber area, mm ²	15,60 \pm 0,83 (14,16–17,43)	14,85 \pm 0,75 (12,79–16,42)	0,32
Объем передней камеры, мм ³ / Anterior chamber volume, mm ³	124,40 \pm 3,45 (117,58–132,16)	125,46 \pm 5,08 (116,96–135,15)	0,92
Толщина роговицы, мм / Corneal thickness, mm	0,62 \pm 0,01 (0,59–0,64)	0,60 \pm 0,01 (0,58–0,62)	0,71

Таблица 3. Биометрические показатели ($M \pm m$) у пациентов 2-й группы**Table 3.** Biometric indicators ($M \pm m$) in patients of group 2

Показатель / Indicator	Фотооптические условия / Photopic conditions	Мезопические условия / Mesopic conditions	P
УПК, градусы / ACA, degree	21,44 \pm 0,82 (19,61–23,51)	21,96 \pm 0,98 (20,09–24,36)	0,82
AOD 500, мкм / AOD 500, mkm	0,36 \pm 0,02 (0,32–0,42)	0,36 \pm 0,01 (0,34–0,38)	0,96
AOD 750, мкм / AOD 750, mkm	0,5 \pm 0,03 (0,45–0,57)	0,51 \pm 0,04 (0,46–0,62)	0,93
Площадь радужки, мм ² / Iris area, mm ²	2,46 \pm 0,06 (2,32–2,59)	2,32 \pm 0,06 (2,23–2,47)	0,00
Объем радужки, мм ³ / Iris volume, mm ³	63,18 \pm 1,70 (58,11–66,30)	61,39 \pm 1,15 (59,11–64,38)	0,01
CL, мм / CL, mm	4,53 \pm 0,10 (4,33–4,77)	4,23 \pm 0,11 (3,99–4,44)	0,00
Толщина радужки, мм / Corneal thickness, mm	0,69 \pm 0,01 (0,66–0,71)	0,73 \pm 0,11 (0,48–0,93)	0,03
Диаметр зрачка, мм / Pupil size, mm	3,97 \pm 0,20 (3,44–4,43)	4,48 \pm 0,20 (4,15–4,84)	0,00
Диаметр передней камеры, мм / Anterior chamber depth, mm	14,02 \pm 0,11 (13,77–14,24)	13,89 \pm 0,16 (13,45–14,29)	0,12
Глубина передней камеры, мм / Anterior chamber depth, mm	3,27 \pm 0,07 (3,14–3,45)	3,35 \pm 0,05 (3,23–3,49)	0,09
Площадь передней камеры, мм ² / Anterior chamber area, mm ²	25,14 \pm 0,61 (23,84–26,63)	26,37 \pm 1,03 (23,95–28,37)	0,06
Объем передней камеры, мм ³ / Anterior chamber volume, mm ³	201,73 \pm 6,48 (189,19–218,05)	211,45 \pm 6,22 (197,40–223,62)	0,58
Толщина роговицы, мм / Corneal thickness, mm	0,56 \pm 0,01 (0,53–0,58)	0,57 \pm 0,01 (0,55–0,60)	0,68

уменьшение ее площади и объема. Эти данные подтверждают имеющиеся в литературе указания на доминирование в патогенезе ПЗУГ именно динамических изменений, а не статических характеристик биометрических параметров радужки. Согласно наблюдениям, при расширении зрачка в норме и при первичной открытоугольной глаукоме объем радужки снижается, что уменьшает возможность плотного контакта корня радужки и структур дренажной зоны [4, 15–18]. Морфологической основой снижения объема радужки является губчатая структура радужки, что обеспечивает возможность выхода части интрацеллюлярной жидкости за ее пределы при дилатации зрачка [3, 12, 14, 17, 19–21]. Возможно, причинами отсутствия подобного механизма при ПЗУГ являются структурные особенности радужки, обусловленные исходным уменьшением различных биометрических показателей. Это дает основание рекомендовать проведение ОКТ при наличии или подозрении на ПЗУГ в фотопических и мезопических условиях для оценки влияния физиологической дилатации зрачка на биометрические показатели переднего сегмента глаза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Биометрические изменения структур переднего сегмента глаза при ПЗУГ касаются не только

линейных, но и объемных показателей. В качестве определенного компонента нарушений гидродинамики при ПЗУГ следует рассматривать выявленное сохранение исходного объема радужки при дилатации зрачка в мезопических условиях, в то время как при отсутствии гидродинамических нарушений этот показатель уменьшается. Эти данные подтверждают имеющиеся наблюдения, согласно которым в патогенезе ПЗУГ может играть роль не только сужение УПК, но и сравнительно большой объем радужки. Исходя из этого, фактором риска клинических проявлений ПЗУГ следует считать не только статические изменения биометрических характеристик структур переднего сегмента глаза, но и их динамические флюктуации, что обуславливает практическую значимость динамических биометрических исследований у пациентов с подозрением на ПЗУГ.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ

Воронин Г.В. — разработка и дизайн исследования, редактирование текста, окончательное утверждение рукописи;
Эль-Сангахави Ахмед Авад — разработка и дизайн исследования, получение и анализ данных, написание текста, редактирование текста, окончательное утверждение рукописи;
Ярцев В.Д. — получение и анализ данных, написание текста, окончательное утверждение рукописи;
Нарбут М. Н. — получение и анализ данных, редактирование текста, окончательное утверждение рукописи.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- 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;55(10):6795–6801. DOI: 10.1167/iov.14-14714
- Ritch R., Lowe R.F. Angle Closure Glaucoma. In: Ritch R., Shields M.B., Krupin T., eds. *The Glaucomas*. St. Louis: Mosby; 1996. P. 801–840.
- Weinreb R.N., Friedman D.S. Angle Closure and Angle Closure Glaucoma: Consensus Series — 3. The Hague: SPB Academic Publishing BV; 2006. 113 p.
- Congdon N.G., Friedman D.S. Angle-closure glaucoma: impact, etiology, diagnosis, and treatment. *Curr Opin Ophthalmol.* 2003;14(2):70–73. DOI: 10.1097/00055735-200304000-00002
- Huang E.C., Barocas V.H. Active iris mechanics and pupillary block: steady-state analysis and comparison with anatomical risk factors. *Ann Biomed Eng.* 2004;32(9):1276–1285. DOI: 10.1114/babme.0000039361.17029.da
- Thomas R., George R., Parikh R., Muliyl J., Jacob A. Five year risk of progression of primary angle closure suspects to primary angle closure: a population based study. *Br J Ophthalmol.* 2003;87(4):450–454.
- Weinreb R.N., Aung T., Medeiros F.A. The pathophysiology and treatment of glaucoma: a review. *JAMA.* 2014;311(18):1901–1911. DOI: 10.1001/jama.2014.3192
- Aung T., Ang L.P., Chan S.P., Chew P.T. Acute primary angle-closure: long-term intraocular pressure outcome in Asian eyes. *Am J Ophthalmol.* 2001;131(1):7–12. DOI: 10.1016/S0002-9394(00)00621-8
- 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;121(11):2081–2090. DOI: 10.1016/j.ophtha.2014.05.013
- Chua J., Seet L.F., Jiang Y., Su R., Htoon H.M., Charlton A., Aung T., Wong T.T. Increased SPARC expression in primary angle closure glaucoma iris. *Mol Vis.* 2008;14:1886–1892.
- He M., Lu Y., Liu X., Ye T., Foster P.J. Histologic changes of the iris in the development of angle closure in Chinese eyes. *J Glaucoma.* 2008;17(5):386–392. DOI: 10.1097/IJG.0b013e31815c5f69
- Narayanan A., Nai M.H., Nongpiur M.E., Htoon H.M., Thomas A., Sangtam T., Lim C.T., Wong T.T., Aung T. Young's Modulus Determination of Normal and Glaucomatous Human Iris. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2019;60(7):2690–2695. DOI: 10.1167/iov.18-26455
- Congdon N.G., Youlin Q., Quigley H., Hung P.T., Wang T.H., Ho T.C., Tielsch J.M. Biometry and primary angle-closure glaucoma among Chinese, white, and black populations. *Ophthalmology.* 1997;104(9):1489–1495.
- Quigley H.A., Silver D.M., Friedman D.S., He M., Plyler R.J., Eberhart C.G., Jampel H.D., Ramulu P. Iris cross-sectional area decreases with pupil dilation and its dynamic behavior is a risk factor in angle closure. *J Glaucoma.* 2009;18(3):173–179. DOI: 10.1097/IJG.0b013e31818624ce
- Amini R., Whitcomb J.E., Prata T.S., Dorairaj S., Liebmann J.M., Ritch R., Barocas V.H. Quantification of iris concavity. *J Ophthalmic Vis Res.* 2010;5(3):211–212.
- 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. DOI: 10.1167/iov.11-9387
- Aptel F., Denis P. Optical coherence tomography quantitative analysis of iris volume changes after pharmacologic mydriasis. *Ophthalmology.* 2010;117(1):3–10. DOI: 10.1016/j.ophtha.2009.10.030
- Seet L.F., Narayanan A., Finger S.N., Htoon H.M., Nongpiur M.E., Toh L.Z., Ho H., Perera S.A., Wong T.T. Distinct iris gene expression profiles of primary angle closure glaucoma and primary open angle glaucoma and their interaction with ocular biometric parameters. *Clin Exp Ophthalmol.* 2016;44(8):684–692. DOI: 10.1111/ceo.12743
- Tousimis A.J., Fine B.S. Ultrastructure of the iris: the intercellular stromal components. *Arch Ophthalmol.* 1959;62:974–976.
- Wang B., Nongpiur M.E., Liu J., Dong N., Aung T. Analysis of Association Between the Insertion Location of Iris Root and Narrow Angle. *J Glaucoma.* 2015;24(6):433–437. DOI: 10.1097/IJG.0b013e31829f9c50
- Zhang Y., Li S.Z., Li L., He M.G., Thomas R., Wang N.L. Quantitative analysis of iris changes after physiologic and pharmacologic mydriasis in a rural Chinese population. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014;55(7):4405–4412. DOI: 10.1167/iov.13-13782

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»
ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)
Воронин Григорий Викторович
доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник, профессор кафедры
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация
ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Москва, 119991, Российская Федерация

ABOUT THE AUTHORS

Research Institute of Eye Diseases
I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)
Voronin Grigoriy V.
MD, Professor
Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation
Trubetskaya str., 8, buld. 2, Moscow, 119991, Russian Federation.

ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)
Эль-Сангахави Ахмед Авад
аспирант кафедры
ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Москва, 119991, Российская Федерация

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»
Аветисов Константин Сергеевич
доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»
Ярцев Василий Дмитриевич
кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0003-2990-8111>

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»
Нарбут Мария Николаевна
младший научный сотрудник
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)
El-Sangahawi Ahmed Awad
postgraduate
Trubetskaya str., 8, buld. 2, Moscow, 119991, Russian Federation

Research Institute of Eye Diseases
Avetisov Konstantin S.
MD, leading researcher
Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation

Research Institute of Eye Diseases
Yartsev Vasily D.
PhD, senior researcher
Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0003-2990-8111>

Research Institute of Eye Diseases
Narbut Maria N.
junior researcher
Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation