

ИНФОРМАТИВНОСТЬ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАДУЖКИ, СКЛЕРЫ И РОГОВИЦЫ В ДИАГНОСТИКЕ ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЫ

© В.В. Страхов, В.В. Алексеев, А.М. Аль-Мррани, А.А. Попова, О.Н. Климова

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России, Ярославль

Для цитирования: Страхов В.В., Алексеев В.В., Аль-Мррани А.М., и др. Информативность биометрических показателей радужки, склеры и роговицы в диагностике первичной открытоугольной глаукомы // Офтальмологические ведомости. — 2018. — Т. 11. — № 1. — С. 34–40. doi: 10.17816/OV11134-40

Поступила в редакцию: 15.01.2018

Принята к печати: 27.02.2018

✧ **Цель исследования.** Изучить толщину роговичной, склеральной и радужной ткани, определить её межкокулярную асимметрию в норме и при первичной глаукоме. Определить взаимосвязь изменений биомеханических свойств роговицы и толщины склеры и радужки в норме и при первичной глаукоме. **Материалы и методы.** Обследовано 10 пациентов (20 глаз) с первичной глаукомой. Контрольную группу составили 10 человек (20 глаз). Выполнялась ультразвуковая биомикроскопия на аппарате фирмы Humphrey Instruments (USA), модель 840. **Результаты и обсуждение.** Представлено исследование толщины ткани корнеосклеральной и радужной оболочек при первичной глаукоме, а также выявлена закономерность нарастания межкокулярной асимметрии толщины этих тканей от состояния нормы к патологии, при глаукоме. Обнаружена положительная прямая корреляционная связь между показателями толщины роговицы, склеры и радужной оболочки в группе с первичной глаукомой и между биометрическими показателями склеры и радужки с величиной корнеального гистерезиса при первичной открытоугольной глаукоме.

✧ **Ключевые слова:** первичная глаукома; ультразвуковая биомикроскопия; толщина склеры; толщина роговицы; толщина радужки.

INFORMATIVE VALUE OF BIOMETRIC INDICES OF IRIS, SCLERA AND CORNEA IN PRIMARY OPEN-ANGLE GLAUCOMA DIAGNOSIS

© V.V. Strakhov, V.V. Alekseev, A.M. Al'-Mrrani, A.A. Popova, O.N. Klimova

Yaroslavl State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Yaroslavl, Russia

For citation: Strakhov VV, Alekseev VV, Al'-Mrrani AM, et al. Informative value of biometric indices of iris, sclera and cornea in primary open-angle glaucoma diagnosis. *Ophthalmology Journal*. 2018;11(1):34-40. doi: 10.17816/OV11134-40

Received: 15.01.2018

Accepted: 27.02.2018

✧ **Aim:** to study the thickness of cornea, iris and scleral tissue, to determine its asymmetry between fellow eyes in healthy subjects and in patients with primary glaucoma. To determine the relationship between changes in biomechanical properties of the cornea and sclera and iris thickness in healthy subjects and in patients with primary glaucoma. **Materials and methods.** 10 patients (20 eyes) with primary glaucoma were examined. The control group consisted of 10 people (20 eyes). In all patients ultrasound biomicroscopy (Humphrey Instruments (USA), Model 840) was performed. **Results and discussion.** The article presents a study of the corneoscleral and iris tissue thickness in primary glaucoma, as well as the increase pattern of the revealed asymmetry in corneoscleral and iris tissue thickness from normal state to glaucoma. A positive direct correlation between the indices of cornea, sclera, and iris thickness in the primary glaucoma group and between biometric parameters of sclera and iris and the of corneal hysteresis value in primary open-angle glaucoma.

✧ **Keywords:** primary glaucoma; ultrasound biomicroscopy; scleral thickness; corneal thickness; iris thickness.

Несмотря на постоянное совершенствование методов диагностики и лечения, глаукома до сих пор продолжает занимать лидирующую позицию в структуре офтальмопатологии, являясь одним из наиболее тяжёлых глазных заболеваний, нередко приводящих к слабозрению, слепоте и инвалидности по зрению [5]. В настоящее время благодаря современным высокотехнологичным методам, таким как ультразвуковая биомикроскопия (УБМ) и исследование биомеханических свойств роговицы с помощью Ocular Response Analyzer (ORA), появились новые возможности для диагностики различных патологических состояний. При помощи ORA стало возможным оценивать вязко-упругие свойства роговичной ткани, используя принципиально новый параметр — корнеальный гистерезис (КГ).

Ультразвуковая биомикроскопия прочно вошла в клиническую практику как базовый информативный метод диагностики самой различной патологии переднего отдела глаза. Оценка угла передней камеры [3, 10, 14], а также состояния передней и задней камеры глаза методом УБМ позволила патогенетически обосновать и выработать дифференцированные подходы к диагностике и лечению различных форм глаукомы [10]. Однако возросший интерес клиницистов к этим методам диагностики, в свою очередь, обуславливает необходимость выработки определённых общих представлений о визуализируемых структурах, критериях нормы, а в дальнейшем определение признаков тех или иных патологических изменений. Особого внимания, как нам кажется, заслуживает возможность не только визуализации структур угла передней камеры, но и измерения толщины ткани корнеосклеральной и радужной оболочек глазного яблока с помощью УБМ. Работы, посвящённые исследованию толщины радужной и корнеосклеральной ткани при первичной открытоугольной глаукоме (ПОУГ) методом УБМ, насчитывают единицы. Следует отметить, что в диагностике ПОУГ особую важность приобретает степень выраженности асимметрии различных показателей [9, 11]. Поэтому практически важно выявление асимметрии УБМ-показателей парных глаз, так как это позволяет оценить патогенетическую роль изменений корнеосклеральной оболочки при ПОУГ, а также использовать эти данные в диагностике глаукомы и прогнозе степени её прогрессирования.

Известные на сегодняшний день морфологические и клинические признаки [1, 2, 4, 6–8] потери эластичности склеральной оболочки при первич-

ной глаукоме прямо свидетельствуют о вовлечении склеры в патологический процесс. Кроме того, учитывая общее происхождение и морфологию роговицы, радужки и склеры, очевидно, что параметры, характеризующие биомеханические свойства роговицы (КГ), могут дать дополнительную информацию не только о состоянии эластичности склеральной ткани, но и об изменениях, происходящих в радужной ткани при глаукоме.

Цель исследования — визуализировать и оценить толщину ткани корнеосклеральной и радужной оболочек, определить межочулярную асимметрию УБМ-показателей и её диапазон у здоровых лиц и пациентов с ПОУГ. Определить взаимосвязь изменений биомеханических свойств роговицы и толщины склеры и радужки у здоровых лиц и пациентов с ПОУГ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследуемую группу составили 20 пациентов (40 глаз). Группа наблюдения была представлена пациентами с ПОУГ (10 пациентов — 20 глаз). Контрольную группу составили здоровые лица (10 человек — 20 глаз) без глазной патологии и с нормальными значениями внутриглазного давления (ВГД). В исследование не включались глаза, перенёсшие операции, травму, увеит, псевдоэкзофтальмический синдром, а также клинически диагностируемую набухающую катаракту, что заведомо могло стать ведущей причиной изменения анатомо-топографических параметров. Средний возраст пациентов с ПОУГ составил 71 (70–72) год, в контроле — 73 (70–77) года, и достоверно не отличался между группами исследования ($p > 0,05$). Диагноз глаукомы в группе пациентов с ПОУГ был подтверждён с помощью стандартных методик.

Для изучения структур переднего отрезка глаза применялась ультразвуковая биомикроскопия (УБМ) фирмы Humphrey Instruments, Inc. (USA), модель 840) с частотой колебания датчика 50 МГц. Сканирование выполняли в четырёх меридианах на 12; 6; 3 и 9 часах с постановкой датчика перпендикулярно исследуемым структурам: роговице, углу передней камеры, радужке, корню радужки, корнеосклеральной шпоре и склере. Измерения проводили (в мм) по методике С. Pavlin et al. [12, 13]. Исследовалась толщина роговицы в 4000 мкм от шпорной борозды, толщина склеры в зоне шпорной борозды перпендикулярно поверхности склеральной оболочки, толщина радужки в прикорневой зоне, толщина радужки в 500 мкм от прикорневой зоны, толщи-

на радужки в 1000 мкм от прикорневой зоны, толщина радужки в 1500 мкм от прикорневой зоны.

Кроме того, оценивалась асимметрия толщины исследуемых структур парных глаз в группе здоровых лиц, которая рассчитывалась простым вычитанием толщины исследуемых структур одного глаза из толщины исследуемых структур другого глаза в аналогичных точках, а в группе ПОУГ путём вычитания толщины исследуемых структур худшего глаза из лучшего. Для оценки биомеханических свойств роговичной ткани измерялся КГ с помощью аппарата Ocular Response Analyzer ORA (Reichert, США).

При обработке полученной в ходе исследования информации использовались методы описательной статистики: определение медианы (Me), квартили первый и третий (межквартильный интервал), при этом медиана является аналогом среднего значения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Толщина роговицы, склеры и радужки в норме и при первичной открытоугольной глаукоме по данным ультразвуковой биомикроскопии

В ходе ультразвукового сканирования обнаружено уменьшение толщины роговицы в группе глаукомных пациентов по сравнению с группой контроля (табл. 1). Толщина роговицы в норме составила 0,62 (0,60–0,63) мм при размахе от 0,58 до 0,67 мм, а толщина роговицы при ПОУГ — 0,57 (0,54–0,60) мм при размахе от 0,51 до 0,66 мм, что оказалось статистически значимо ($p < 0,01$).

Кроме того, установлено достоверное ($p < 0,001$) снижение толщины склеры у пациентов с глаукомой по сравнению с группой

здоровых лиц. Так, у пациентов, не имеющих офтальмогипертензии, толщина склеры по данным УБМ составила 1,32 (1,29–1,35) мм при размахе от 1,26 до 1,48 мм, а при ПОУГ равнялась 1,14 (1,02–1,26) мм при размахе от 0,80 до 1,48 мм. Обнаруженное нами изменение толщины склеры и роговицы, вероятно, отражает вовлечение корнеосклеральной оболочки в патологический процесс при первичной глаукоме. На сегодняшний день такое изменение склеры при ПОУГ подтверждается различными методиками: дифференциальной тонометрией по Фриденвальду, динамической регидрометрии [8].

С этой точки зрения, предполагая вовлечение в глаукомный процесс и других соединительно-тканых структур переднего отрезка глаза, а именно ткани радужки, нам представляется немаловажной задачей оценка её состояния при ПОУГ. Так при УБМ-исследовании радужки в разных точках измерения выявлено увеличение её толщины от прикорневой зоны к зрачковому краю в обеих группах, что обусловлено её структурно-функциональными особенностями. Однако при сравнении радужки в аналогичных точках обнаружено, что её толщина при первичной глаукоме значительно меньше по сравнению с нормой (см. табл. 1).

Так, толщина радужной ткани непосредственно в прикорневой зоне у здоровых лиц в среднем составила 0,39 (0,38–0,40) мм при размахе от 0,31 до 0,44, у пациентов с ПОУГ среднее значение равнялось 0,34 (0,30–0,37) мм ($p < 0,001$), при этом максимальное значение было 0,41 мм, а минимальное — 0,20 мм. При сравнении толщины радужки в 500 мкм от прикорневой зоны в группе глаукомы отмечено статистически значимое ($p < 0,001$) её снижение — в среднем 0,38 (0,33–0,42) мм при размахе от 0,24 до 0,49 мм по сравнению с нормой,

Биометрические параметры склеры и радужки в норме и при первичной открытоугольной глаукоме, Me ($Q_{25} \% - Q_{75} \%$)

Таблица 1

Biometric parameters of sclera and iris in healthy and primary open-angle glaucoma eyes, Me ($Q_{25} \% - Q_{75} \%$)

Table 1

Параметры / группы	Норма	Первичная открытоугольная глаукома
Толщина роговицы в 4000 микрон от шпорной борозды, мм	0,66 (0,60–0,63)	0,57 (0,54–0,60) ¹
Толщина склеры, мм	1,32 (1,29–1,350)	1,14 (1,02–1,26) ²
Толщина радужки в прикорневой зоне, мм	0,39 (0,38–0,40)	0,34 (0,30–0,37) ²
Толщина радужки в 500 микрон от прикорневой зоны, мм	0,44 (0,42–0,46)	0,38 (0,33–0,42) ²
Толщина радужки в 1000 микрон от прикорневой зоны, мм	0,48 (0,46–0,49)	0,40 (0,38–0,4) ²
Толщина радужки в 1500 микрон от прикорневой зоны, мм	0,50 (0,48–0,52)	0,43 (0,39–0,46) ²

¹ $p < 0,01$ при сравнении нормы и глаукомы по различным точкам измерения толщины роговицы, склеры и радужной оболочки; ² $p < 0,001$ при сравнении нормы и глаукомы по различным точкам измерения толщины роговицы, склеры и радужной оболочки

при которой значение равнялось 0,44 (0,42–0,46) мм при размахе от 0,37 до 0,56 мм. Анализируя данные измерения толщины радужной ткани в других зонах, мы выявили также значимое её уменьшение в группе ПОУГ. В 1000 мкм от прикорневой зоны толщина радужки при глаукоме колебалась от 0,41 до 0,51 мм и составила 0,40 (0,38–0,44) мм, а в группе нормы равнялась 0,48 (0,46–0,49) мм при размахе её толщины от 0,41 до 0,59 мм ($p < 0,001$). В 1500 мкм от прикорневой зоны размах значений толщины радужки составил от 0,31 до 0,51 мм и равнялся 0,43 (0,39–0,46) мм у глаукомных больных и 0,50 (0,48–0,52) мм у здоровых обследованных при размахе в этой группе от 0,44 до 0,62 мм. При этом различия были статистически значимые ($p < 0,001$). Таким образом, результаты выполненных исследований демонстрируют влияние патологического глаукомного процесса на состояние радужной оболочки, а именно на её толщину. Негативные последствия этого процесса для биомеханических свойств радужки могут проявляться в утрате её эластичности ввиду дистрофии её ткани.

Однако широкий диапазон значений толщины роговичной, склеральной и радужной тканей в обеих группах наблюдения не позволяет определить клиническое значение этого признака для каждого конкретного индивидуума. Но есть простой способ нивелировать вариабельность признака с помощью определения асимметрии исследуемых структур парных глаз у каждого пациента.

Межокулярная асимметрия толщины роговицы, склеры и радужки в норме и при первичной открытоугольной глаукоме

Межокулярная асимметрия толщины роговицы у здоровых лиц (табл. 2) составила

0,02 (0,01–0,03) мм, асимметрия толщины роговицы парных глаз у глаукомных больных оказалась достоверно больше ($p < 0,001$) и составила 0,05 (0,03–0,06) мм. Асимметрия толщины склеры парных глаз у здоровых лиц составила 0,02 (0,01–0,02) мм, что достоверно ($p < 0,001$) отличалось от глаукомных пациентов, у которых значение межочулярной асимметрии равнялось 0,19 (0,05–0,22) мм. Очевидно, что асимметрия толщины роговицы и склеры парных глаз присутствует в норме, но её величина незначительна (см. табл. 2). У больных с первичной глаукомой межочулярная асимметрия толщины роговичной и склеральной ткани более выражена, что может быть объяснено асимметричностью течения патологического процесса при ПОУГ, когда более низкие значения толщины роговицы и склеры регистрировались в худшем глазу, а более высокие — в лучшем, более сохранном глазу.

В здоровой популяции величина асимметрии толщины радужки парных глаз оказалась незначимой и не превышала 0,02 мм, а у глаукомных больных наблюдалось трёхкратное увеличение асимметрии до 0,06 мм и более. Следует отметить, что в разных зонах измерения толщины радужки при ПОУГ значения её межочулярной асимметрии находились практически в одинаковом диапазоне, что отражает сходность поражения данной структуры на всём протяжении при глаукоме.

Таким образом, асимметрия толщины тканей роговицы, склеры и радужной оболочки в парных глазах присутствует, и это нормальное физиологическое явление. На основании установленной значительной разницы межочулярной асимметрии в норме и при глаукоме мы считаем, что превышении её значений в толщине роговицы более 0,04 мм, склеры более 0,1 мм и ткани радужной

Таблица 2

Межокулярная асимметрия биометрических параметров роговицы, склеры и радужки парных глаз в норме и при первичной открытоугольной глаукоме, Ме ($Q_{25} \% - Q_{75} \%$)

Table 2

Asymmetry in biometric parameters of cornea, sclera and iris between fellow eyes in healthy and primary open-angle glaucoma eyes, Me ($Q_{25} \% - Q_{75} \%$)

Параметры/группы	Норма	Первичная открытоугольная глаукома
Асимметрия толщины роговицы, мм	0,02 (0,01–0,03)	0,05 ¹ (0,03–0,06)
Асимметрия толщины склеры, мм	0,02 (0,01–0,02)	0,19 ¹ (0,05–0,22)
Асимметрия толщины радужки в прикорневой зоне, мм	0,02 (0,01–0,02)	0,06 ¹ (0,04–0,08)
Асимметрия толщины радужки в 500 микрон от прикорневой зоны, мм	0,02 (0,02–0,02)	0,07 ¹ (0,02–0,10)
Асимметрия толщины радужки в 1000 микрон от прикорневой зоны, мм	0,02 (0,01–0,02)	0,06 ¹ (0,02–0,08)
Асимметрия толщины радужки в 1500 микрон от прикорневой зоны, мм	0,02 (0,01–0,03)	0,06 ¹ (0,02–0,08)

Примечание: ¹ $p < 0,001$ при сравнении нормы и глаукомы

оболочки более 0,05 мм выходит за пределы нормального диапазона. Асимметрия толщины роговицы, склеры и радужной оболочки в группе пациентов с ПОУГ, по нашему мнению, значительно выше, и это может быть связано с дистрофическими процессами, которые претерпевают радужка, склера и роговица при первичной глаукоме.

Взаимосвязь биометрических показателей и биомеханических свойств роговицы

Корреляционный анализ по Спирмену полученных в ходе исследования данных показал, что имеется положительная прямая зависимость толщины роговицы и склеры, а также склеры и радужки во всех четырёх точках измерения при ПОУГ (табл. 3). В наибольшей степени корреляция присутствует между толщиной роговицы и склеры, демонстрируя умеренную, близкую к сильной положительную связь ($R = 0,55$; $p < 0,01$). Это вполне объяснимо, так как роговица и склера могут рассматриваться как часть единой корнеосклеральной оболочки. Вместе с тем мы обнаружили также умеренную положительную связь толщины

склеры и радужки в различных точках измерения (см. табл. 3). Полученные результаты позволяют рассматривать собственно роговицу, склеру и радужку как единый соединительнотканый отдел глазного яблока и предположить их схожую патологическую уязвимость при первичной глаукоме.

Результаты взаимосвязи биометрических показателей роговицы, склеры, радужки и КГ отражены в таблице 4. Мы не получили достоверных данных о взаимосвязи КГ и толщины роговицы у глаукомных пациентов. Вместе с тем между величиной КГ и толщиной склеры существует прямая умеренная взаимосвязь ($R = 0,48$ при $p < 0,05$). Несколько меньшая корреляция отмечена при сравнении КГ с толщиной радужки в прикорневой части и в 500 мкм от прикорневой зоны ($R = 0,36$ при уровне достоверности, близком к значимому ($p = 0,057$ и $p = 0,052$ соответственно)). Наибольшая степень взаимосвязи была выявлена между корнеальным гистерезисом и толщиной радужки в 1000 и 1500 мкм от прикорневой зоны, коэффициент корреляции по Спирмену составил 0,44 и 0,48 ($p < 0,05$ и $p < 0,01$ соответственно).

Таблица 3

Корреляционный анализ по Спирмену биометрических показателей толщины роговицы, склеры и радужной оболочки в группе с первичной открытоугольной глаукомой по данным ультразвуковой биомикроскопии

Table 3

Spearman rank correlation analysis of biometric thickness parameters of cornea, sclera and iris in primary open-angle glaucoma group according to ultrasound biomicroscopy data

Параметры	<i>R</i>	<i>P</i>
Роговица и склера	0,55	< 0,01
Склера и радужка в прикорневой зоне	0,27	< 0,01
Склера и радужка в 500 микрон от прикорневой зоны	0,26	0,057
Склера и радужка в 1000 микрон от прикорневой зоны	0,23	0,052
Склера и радужка в 1500 микрон от прикорневой зоны	0,33	< 0,01

Таблица 4

Корреляционный анализ по Спирмену биометрических показателей склеры и радужки, величины корнеального гистерезиса при первичной открытоугольной глаукоме по данным ультразвуковой биомикроскопии и анализ биомеханических свойств роговицы

Table 4

Spearman rank correlation analysis of biometric parameters of sclera and iris, corneal hysteresis value in primary open-angle glaucoma according to ultrasound biomicroscopy data and the analysis of biomechanical corneal properties

Параметры	<i>R</i>	<i>P</i>
Корнеальный гистерезис и толщина склеры	0,48	< 0,05
Корнеальный гистерезис и толщина радужки в прикорневой зоне	0,36	0,057
Корнеальный гистерезис и толщина радужки в 500 микрон от прикорневой зоны	0,36	0,052
Корнеальный гистерезис и толщина радужки в 1000 микрон от прикорневой зоны	0,44	< 0,05
Корнеальный гистерезис и толщина радужки в 1500 микрон от прикорневой зоны	0,48	< 0,01

Таким образом, прямая зависимость параметров, отражающих состояние соединительнотканых структур переднего отрезка глаза, а именно склеры, радужки и роговицы, лишний раз подтверждает синхронную утрату этими оболочками своих свойств при глаукоматозном повреждении.

ВЫВОДЫ

1. При первичной открытоугольной глаукоме обнаружено снижение толщины ткани корнеосклеральной оболочки и радужки.
2. Установлена положительная прямая корреляционная связь между показателями толщины роговицы, склеры и радужки в группе ПОУГ.
3. Выявлена положительная прямая корреляционная связь между биометрическими показателями склеры и радужки с величиной корнеального гистерезиса при ПОУГ.
4. Межокулярная асимметрия толщины роговицы (не более 0,04 мм), склеры (не более 0,1 мм) и радужки (не более 0,05 мм) является нормальным физиологическим признаком. Превышение вышеуказанных значений межочулярной асимметрии выходит за пределы нормального диапазона и имеет диагностическое значение.

Дополнительная информация

Потенциальные и явные конфликты интересов у авторов отсутствуют. Источник финансирования, как научной работы, так и процесса публикации статьи, у всех авторов отсутствует.

Информация о вкладе каждого автора:

В.В. Страхов — концепция и окончательное рецензирование статьи.

В.В. Алексеев — дизайн исследования, анализ полученных данных, стилистическая и грамматическая правка окончательного текста статьи, переписка с редакцией.

Аль-Мррани Абдулгави Мохамид Али — сбор материала (корнеальный гистерезис), написание текста, статистическая обработка материала.

А.А. Попова — сбор материала (ультразвуковая биомикроскопия).

О.Н. Климова — сбор материала (стандартное офтальмологическое обследование).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев И.Б., Страхов В.В., Мельникова Н.В., Попова А.А., Изменения фиброзной оболочки глаза у пациентов с впервые выявленной первичной открытоугольной глаукомой // Национальный журнал глаукома. — 2016. — Т. 15. — № 1. — С. 13-23. [Alexseev IB, Strakhov VV, Melnikova NV, Popova AA. Changes in the fibrous tunic of the eye in patients with newly diagnosed primary open-angle glaucoma. *Russian journal of glaucoma*. 2016;15(1):13-23. (In Russ).]
2. Арапиев М.У., Ловпаче Д.Н., Слепова О.С., Балацкая Н.В. Исследование факторов регуляции экстраклеточного матрикса и биомеханических свойств корнеосклеральной оболочки при физиологическом старении и первичной открытоугольной глаукоме // Национальный журнал глаукома. — 2015. — Т. 14. — № 4. — С. 13-20. [Arapiev MU, Lovpache DN, Slepova OS, Balatskaya NV. Investigation of regulatory factors of the extracellular matrix and cornea-scleral biomechanical properties in physiological aging and primary open-angle glaucoma. *Russian journal of glaucoma*. 2015;14(4):13-20. (In Russ).]
3. Егорова Э.В., Ходжаев Н.С., Бессарабов А.Н., и др. Анатомо-топографические особенности иридоцилиарной зоны при хронической закрытоугольной глаукоме по результатам ультразвуковой биомикроскопии // Глаукома. — 2005. — № 4. — С. 24-30. [Egorova EV, Khodzhaev NS, Bessarabov AN, et al. Anatomico-topographic features of the iridociliary zone in chronic closed-angle glaucoma according to the results of ultrasonic biomicroscopy. *Glaukoma*. 2005;(4):24-30. (In Russ).]
4. Малахова А.И., Деев Л.А., Молчанов В.В. Изменения роговицы у больных с первичной открытоугольной глаукомой // Глаукома. — 2015. — Т. 14. — № 1. — С. 84-93. [Malakhova AI, Deev LA, Molchanov VV. Cornea changes at patients with primary open-angle glaucoma. *Russian journal of glaucoma*. 2015;14(1):84-93. (In Russ).]
5. Нестеров А.П. Глаукома. — М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2008. [Nesterov AP. *Glaukoma*. Moscow: ООО «Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo», 2008. (In Russ).]
6. Петров С.Ю., Антонов А.А., Новиков И.А., и др. Возрастные изменения структуры и биомеханических свойств фиброзной оболочки глаза (обзор зарубежной литературы). Сообщение 1. Структурные изменения // Национальный журнал глаукома. — 2015. — Т. 14. — № 3. — С. 80-86. [Petrov SYu, Antonov AA, Novikov IA, et al. Age-related changes in the structural and biomechanical properties of the fibrous membrane of the eye (review of foreign literature). Report 1. Structural changes. *Russian journal of glaucoma*. 2015;14(3):80-86 (In Russ).]
7. Петров С.Ю., Антонов А.А., Новиков И.А., и др. Возрастные изменения структуры и биомеханических свойств фиброзной оболочки глаза (обзор зарубежной литературы). Сообщение 2. Биомеханические изменения // Национальный журнал глаукома. — 2015. — Т. 14. — № 4. — С. 88-96. [Petrov SYu, Antonov AA, Novikov IA, et al. Age-related changes in the structural and biomechanical properties of the fibrous membrane of the eye (review of foreign literature). Report 2. Biomechanical changes. *Russian journal of glaucoma*. 2015;14(4):88-96 (In Russ).]
8. Страхов В.В., Алексеев В.В. Динамическая ригидометрия // Вестник офтальмологии. — 1995. — № 1. — С. 18-20.

- [Strakhov VV, Alekseev VV. Dinamicheskaya rigidometriya. *Vestnik oftal'mologii*. 1995;(1):18-20. (In Russ.)]
9. Страхов В.В, Алексеев В.В., Ермакова А.В., и др. Асимметрия тонометрических, гемодинамических и биоретинометрических показателей парных глаз в норме и при первичной глаукоме // Глаукома. — 2008. — № 4. — С. 11–16. [Strakhov VV, Alekseev VV, Ermakova AV, et al. Asimetriya tonometricheskikh, gemodinamicheskikh i bioretinometricheskikh pokazatelei parnykh glaz v norme i pri pervichnoi glaukome. *Glaucoma*. 2008;(4):11-16. (In Russ.)]
 10. Тахчиди Х.П., Иванов Д.И., Бардасов Д.Б. Ультразвуковая биомикроскопия в диагностике, выборе тактики и послеоперационном наблюдении у пациентов с закрытоугольной глаукомой // Глаукома. — 2006. — № 3. — С. 54–61. [Takhchidi KP, Ivanov DI, Bardasov DB. Ultrasound biomicroscopy in the diagnosis, choice of tactics and post operations follow up angle-closure glaucoma patients. *Glaucoma*. 2006;(3):54-61. (In Russ.)]
 11. Cartwright MJ, Anderson DR. Correlation of asymmetric damage with asymmetric intraocular pressure in normal-tension glaucoma (low-tension glaucoma). *Arch. Ophthalmol*. 1988;106(7):898-900. (In English). doi:10.1001/archopht.1988.01060140044020.
 12. Pavlin CJ. Practical application of ultrasound biomicroscopy. *Can. J. Ophthalmol*. 1995;30(4):225-229. (In English).
 13. Pavlin CJ, Harasiewicz K, Sherar MD, et al. Clinical use of ultrasound biomicroscopy. *Ophthalmology*. 1991;98(3):287-295. (In English). doi: 10.1016/S0161-6420(91)32298-X.
 14. Piette S, Canlas OAO, Tran HV, et al. Ultrasound biomicroscopy in uveitis-glaucoma-hyphema syndrome. *American Journal of ophthalmology*. 2002;133(6):839-841. (In English). doi: 10.1016/S0002-9394(02)01386-7.

Сведения об авторах

Владимир Витальевич Страхов — д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой офтальмологии. ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России, Ярославль. E-mail: strakhov51@mail.ru.

Виктор Вадимович Алексеев — канд. мед. наук, доцент кафедры офтальмологии. ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России, Ярославль. eLibrary SPIN: 8956-8942. E-mail: avamga@gmail.com.

Абдулгави Мохамид Али Аль-Мррани — канд. мед. наук, врач. ГБУЗ ЯО «Областная клиническая больница», Ярославль. E-mail: ama.1979m@mail.ru.

Анастасия Александровна Попова — аспирант, кафедра офтальмологии. ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России, Ярославль. E-mail: anastasia.doc@mail.ru.

Ольга Николаевна Климова — канд. мед. наук, доцент кафедры офтальмологии. ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России, Ярославль. E-mail: klimiola@mail.ru.

Information about the authors

Vladimir V. Strakhov — MD, PhD, DMedSc, Professor, Head of Ophthalmology Department. Yaroslavl State Medical University of the Ministry of Healthcare of Russia. Yaroslavl, Russia. E-mail: strakhov51@mail.ru.

Victor V. Alekseev — MD, PhD, Assistant Professor, Ophthalmology Department. Yaroslavl State Medical University of the Ministry of Healthcare of Russia. Yaroslavl, Russia. eLibrary SPIN: 8956-8942. E-mail: avamga@gmail.com.

Abdulgavi M. Al-Mrrani — MD, PhD. SBHI Regional Clinical Hospital. Yaroslavl, Russia. E-mail: ama.1979m@mail.ru.

Anastasiya A. Popova — MD, Aspirant, Ophthalmology Department. Yaroslavl State Medical University of the Ministry of Healthcare of Russia. Yaroslavl, Russia. E-mail: anastasia.doc@mail.ru.

Olga N. Klimova — MD, PhD, Assistant Professor. Ophthalmology Department. Yaroslavl State Medical University of the Ministry of Healthcare of Russia. Yaroslavl, Russia. E-mail: klimiola@mail.ru.