

Исследование биомеханических параметров фиброзной оболочки глаза на фоне терапии латанопростом

Антонов А.А., к.м.н., ведущий научный сотрудник;
Козлова И.В., к.м.н., старший научный сотрудник;
Решикова В.С., младший научный сотрудник;
Агаджанян Т.М., аспирант.

ФГБНУ «НИИГБ», отдел глаукомы, 119021, Москва, ул. Россолимо, д. 11А, Б.

Авторы не получали финансирование при проведении исследования и написании статьи.
Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Антонов А.А., Козлова И.В., Решикова В.С., Агаджанян Т.М. Исследование биомеханических параметров фиброзной оболочки глаза на фоне терапии латанопростом. *Национальный журнал глаукома*. 2018;17(1):30-35.

Резюме

ЦЕЛЬ. Исследовать изменение биомеханических параметров фиброзной оболочки глаза, измеряемых с помощью метода двунаправленной пневмоаппланации роговицы, на фоне гипотензивной терапии аналогом простагландинов латанопростом в сравнении с лечением местными бета-адреноблокаторами.

МЕТОДЫ. Исследование проведено в двух группах пациентов с впервые выявленной первичной открытоугольной глаукомой: основной — 320 пациентов (320 глаз) и контрольной — 200 пациентов (200 глаз). Исследование вязкоэластических свойств фиброзной оболочки глаза и внутриглазного давления (ВГД) с помощью динамической двунаправленной пневмоаппланации роговицы выполняли на приборе Ocular Response Analyzer (ORA, «Reichert», США). Пациентам основной группы для снижения ВГД назначали инстилляцию латанопроста 0,005% (Пролатан, «Сентисс») 1 раз в сутки в вечернее время. В контрольной группе в качестве стартовой терапии применяли тимолола малеат 0,5% в инстилляциях 2 раза в сутки с интервалом 12 часов. Биомеханические параметры фиброзной оболочки глаза контролировали до начала лечения и через 6 месяцев, чтобы установить динамику показателей и оценить влияние терапии. В исследование включали только один глаз каждого пациента.

РЕЗУЛЬТАТЫ. В основной группе на фоне терапии латанопростом 0,005% выявлено снижение ВГД в среднем на 33%, одинаковое изменение двух показателей тонометрии, измеряемых с помощью двунаправленной аппланации. Фактор резистентности роговицы уменьшался, а роговичный гистерезис увеличивался, что привело к выравниванию их значений, которое характеризует нормализацию состояния фиброзной оболочки глаза. В контрольной группе изменение ВГД было выражено меньше. Биомеханические параметры изменялись аналогично, однако их равенство не было достигнуто.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Исследование не выявило существенных изменений фиброзной оболочки глаза на фоне терапии латанопростом. Динамика биомеханических показателей, определяемых с помощью двунаправленной аппланации роговицы, была преимущественно связана со снижением ВГД. Более выраженные эффекты латанопроста в отношении роговицы и склеры в сравнении с тимололом, по-видимому, связаны с различной гипотензивной эффективностью препаратов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: первичная открытоугольная глаукома, латанопрост, роговица, склера, биомеханические свойства, роговичный гистерезис, фактор резистентности роговицы.

Для контактов:

Антонов Алексей Анатольевич, e-mail: niigb.antonov@gmail.com

ENGLISH

The effect of prostaglandin analogue use on the corneoscleral biomechanical properties

ANTONOV A.A., Ph.D., Leading Research Associate;

KOZLOVA I.V., Ph.D., Senior Research Associate;

RESHCHIKOVA V.S., Junior Research Associate;

AGADZHANIAN T.M., Postgraduate student.

Glaucoma Department of the Scientific Research Institute of Eye Diseases, 11A, B Rossolimo st., Moscow, Russian Federation, 119021.

Conflicts of Interest and Source of Funding: none declared.

For citations: Antonov A.A., Kozlova I.V., Reshchikova V.S., Agadzhanian T.M. The effect of prostaglandin analogue use on the corneoscleral biomechanical properties. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2018;17(1):30-35.

Abstract

PURPOSE: To analyze the corneoscleral biomechanics changes in patients with latanoprost instillations compared to local beta-blockers therapy by means of bidirectional applanation tonometry.

METHODS: The study included 2 groups of patients with newly diagnosed primary open-angle glaucoma: the Main group comprised 320 patients (320 eyes), the Control group — 200 (200 eyes). To assess the fibrous tunic viscoelastic properties the patients underwent bidirectional applanation tonometry using Ocular Response Analyzer (ORA, «Reichert», USA).

Patients of the Main group received hypotensive latanoprost 0.005% (Prolatan, «Sentiss») instillations once daily in the evening, while the Control group received timolol maleate 0.5% solution twice daily with a 12-hour interval. Corneoscleral biomechanics was monitored prior to instillations administration and 6 months after to assess the dynamics and the treatment effect. The study included only one eye of each patient.

RESULTS: Patients of the Main group treated with latanoprost 0.005% showed an average IOP decrease by 33% with an equal change in both parameters measured with bidirectional applanation tonometry. Corneal resistance factor (CRF) decrease was accompanied by corneal hysteresis (CH) increase, equaling the parameters, which in turn indicated the fibrous tunic normal condition recovery. Similar changes in biomechanical parameters in the control group were expressed to a lesser degree leaving a discrepancy between CRF and CH levels.

CONCLUSION: The fibrous tunic of the eye showed no significant changes during latanoprost therapy. Biomechanical parameters dynamics measured by bidirectional corneal applanation was mostly related to IOP decrease. The effect of latanoprost on cornea and sclera was more pronounced, which can possibly be attributed to the difference in hypotensive efficacy between latanoprost and timolol maleate.

KEYWORDS: primary open-angle glaucoma, latanoprost, cornea, sclera, biomechanical properties, corneal hysteresis, corneal resistance factor.

Исследования фиброзной оболочки глаза при глаукоме стали крайне популярны в последнее время, что связано с распространением метода двунаправленной пневмоаппланации роговицы. До 2005 г. работы, связанные со свойствами роговицы и склеры, в большинстве своем посвящены измерению толщины центральной части роговицы (ЦТР). Имеются исследования, указывающие на принципиальное значение ЦТР для выбора схемы гипотензивной терапии. J.D. Brandt et al. считают, что простагландины лучше понижают уровень внутриглазного давления (ВГД) у пациентов с офтальмогипертензией и толщиной оптической зоны роговицы менее 550 мкм, чем бета-блокаторы [1]. В то же время у пациентов

с ЦТР более 590 мкм препараты данных групп снижают офтальмотонус одинаково. Работы по изучению ЦТР у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) имеют противоречивые результаты. Некоторые исследователи считают ЦТР фактором, предрасполагающим к развитию глаукомы на фоне офтальмогипертензии и отсутствию стабилизации глаукомной оптической нейропатии [2].

В настоящее время развитие прижизненных исследований биомеханических свойств фиброзной оболочки глаза позволяет считать такой подход слишком упрощенным. Применение метода двунаправленной пневмоаппланации роговицы, реализованного в приборе Ocular Response Analyzer («Reichert», США) и его аналогах, позволяет опре-

делять показатели вязкоэластических свойств: фактор резистентности роговицы (CRF) и роговичный гистерезис (CH) [3]. Данные параметры, как указывают исследования последних лет, связаны как со свойствами роговицы, так и всей фиброзной оболочки и внутриглазным содержимым [4, 5]. Низкие значения роговичного гистерезиса считают самостоятельным фактором риска прогрессирования при глаукоме [6]. Выявлено, что при повышенном ВГД у пациентов с ПОУГ отмечается увеличение CRF и снижение CH. Нормализация офтальмотонуса сопровождается уменьшением CRF и увеличением CH, что свидетельствует о модулирующем влиянии ВГД на биомеханические свойства фиброзной оболочки глаза [7].

Активно обсуждается вопрос изменения свойств роговицы и склеры у пациентов с глаукомой и роль гипотензивной терапии в данном процессе. Особое значение придается действию препаратов группы аналогов простагландинов, которым приписывают эффекты снижения биомеханических свойств роговицы и склеры, что ассоциировано с их механизмом действия [8, 9]. Получаемые разными авторами результаты противоречивы, многие исследователи недооценивают влияние изменения ВГД на измеряемые показатели.

Цель исследования — изучить изменение биомеханических параметров фиброзной оболочки глаза, измеряемых с помощью метода двунаправленной пневмоаппланации роговицы, на фоне гипотензивной терапии аналогом простагландинов латанопростом в сравнении с лечением местными бета-адреноблокаторами.

Материалы и методы

Исследование проведено в двух группах пациентов с впервые выявленной ПОУГ: основной — 320 пациентов (320 глаз) и контрольной — 200 пациентов (200 глаз). Возраст исследуемых был ограничен диапазоном от 45 до 70 лет, чтобы исключить изменения биомеханических свойств тканей роговицы и склеры, характерные для лиц старческого возраста. Средний возраст достоверно не отличался в группах и составил на момент назначения терапии $59,8 \pm 6,5$ года. Половой состав групп также принципиально не различался, лица женского пола составляли 65% от общего числа пациентов.

Для получения более достоверных результатов с помощью биомеханического анализатора контролировали биометрические параметры фиброзной оболочки глаза. Толщина роговицы в центральной зоне была в диапазоне от 500 до 600 мкм, что отражает популяционное разнообразие показателя, исключая выраженные особенности. Величина переднезадней оси глаза не превышала 27 мм. Были исключены пациенты с аметропиями высокой степени и астигматизмом более 1 дптр.

Критерии включения в исследование помимо контроля возраста и биометрических параметров фиброзной оболочки глаза являлись контролем диагноза ПОУГ: признаки глаукомной оптической нейропатии по данным статической периметрии и оценке состояния нейроретинального пояса, повышение уровня ВГД, выявленное при проведении двунаправленной пневмоаппланации роговицы, гониоскопические признаки открытого угла передней камеры глаза.

Критериями исключения были лазерные и хирургические вмешательства на глазах, воспалительные заболевания в анамнезе, другие причины симптоматических гипертензий и вторичной глаукомы, а также состояния, затрудняющие проведение диагностических методов, в том числе острота зрения с коррекцией менее 0,4.

Исследование вязкоэластических свойств фиброзной оболочки глаза и ВГД с помощью динамической двунаправленной пневмоаппланации роговицы выполняли на приборе Ocular Response Analyzer (ORA, «Reichert», США). Оптическая система данного анализатора контролирует положение центральной зоны роговицы в ходе всего процесса деформации. При достижении аппланации — сначала при движении роговицы кнутри, а затем кнаружи — регистрируют два значения давления (P_1 и P_2). Эти значения различаются из-за поглощения энергии воздушного импульса, связанного с биомеханическими свойствами фиброзной оболочки глаза.

Разность между P_1 и P_2 обозначают как роговичный гистерезис (CH). Среднее значение P_1 и P_2 оценивают как показатель ВГД, аналогичный результату тонометрии по Гольдману (IOPg). Кроме этого, на основании анализа данных, полученных при исследовании здоровых пациентов до и после рефракционной операции (LASIK), по формуле, нивелирующей влияние снижения толщины роговицы на показатель офтальмотонуса, рассчитывают роговично-компенсированное (т. е. не зависящее от биомеханических свойств роговицы) ВГД (IOPcc). Фактор резистентности роговицы (CRF), характеризующий ее упругие свойства, определяют с учетом величин P_1 и P_2 по формуле, дающей максимальную корреляцию данного показателя с ЦТР.

Пациентам основной группы для снижения ВГД назначали инстилляции латанопроста 0,005% (Пролатан, «Сентисс») 1 раз в сутки в вечернее время. Данный дженерический препарат был выбран из фармакоэкономических соображений. Он показал хорошую эффективность и переносимость в ряде клинических исследований при более низкой стоимости терапии. Вспомогательные компоненты лекарства: натрия дигидрофосфата моногидрат (4,6 мг), натрия хлорид (4,1 мг), бензалкония хлорид (0,2 мг), безводный динатрия гидрофосфат (4,74 мг), вода для инъекций (до конечного объема 1 мл) — соответствуют составу оригинального препарата, что обеспечивает сходный профиль безопасности и биодоступности.

Таблица 1. Результаты исследования с помощью двунаправленной аппланации роговицы в основной группе, мм рт.ст.

Table 1. The results of studies using bidirectional applanation of the cornea in the main group, mm Hg

	Показатели тонометрии Tonometry parameters		Биомеханические параметры Biomechanical parameters	
	IOPg	IOPcc	CRF	CH
До лечения Before treatment	23,9±2,6	24,5±2,0	11,8±1,4	9,0±1,0
На фоне терапии During of therapy	15,8±2,2	16,4±2,1	10,5±1,5	10,4±1,4

В контрольной группе в качестве стартовой терапии применяли тимолола малеат 0,5% в инстилляциях 2 раза в сутки с интервалом 12 часов. Пациенты с непереносимостью терапии из-за аллергической реакции или других причин исключались из исследования. Достижение уровня целевого ВГД контролировали в обеих группах через 2-4 недели от начала лечения. Исследование продолжалось 6 месяцев, в течение которых пациенты непрерывно закапывали назначенный препарат. Биомеханические параметры фиброзной оболочки глаза контролировали до начала лечения и через 6 месяцев, чтобы установить динамику показателей и оценить влияние терапии. В исследование включали только один глаз каждого пациента.

Использовали методы параметрической статистики для описания и сравнения результатов, поскольку биомеханические параметры фиброзной оболочки глаза и показатели ВГД имеют нормальное распределение. Статистическая обработка проводилась в программе MS Excel 2016.

Результаты

Все пациенты хорошо переносили терапию латанопростом 0,005% (Пролатан, «Сентисс»). Небольшая группа отмечала в первые 1-2 недели применения препарата гиперемия конъюнктивы, которая в дальнейшем самостоятельно исчезала и не повлияла на продолжение лечения.

В основной группе на фоне терапии латанопростом 0,005% выявлено снижение ВГД в среднем на 33%, данный эффект соответствует литературным данным об эффективности аналогов простагландинов. Стоит отметить одинаковое изменение двух показателей тонометрии, измеряемых с помощью двунаправленной аппланации (табл. 1). Уровень роговично-компенсированного ВГД, по современным представлениям, является более важным прогностическим фактором при глаукоме, чем показатель тонометрии по Гольдману. Биомеханические параметры фиброзной оболочки глаза имеют сильную взаимосвязь с офтальмотонусом. При снижении ВГД CRF уменьшается, а CH увеличивается.

Данные изменения произошли в группе исследования, при этом показатели CRF и CH стали практически равны, что характеризует нормализацию состояния фиброзной оболочки глаза.

Контроль толщины роговицы в центральной зоне не выявил изменения этого показателя в процессе лечения. Существуют литературные указания на уменьшение ЦТР со временем у пациентов, получающих терапию аналогами простагландинов. В данной работе толщина роговицы в центральной зоне до назначения лечения составила в среднем 557 ± 28 мкм. На фоне терапии латанопростом в течение 6 месяцев ЦТР достоверно не изменилась и равнялась 553 ± 25 мкм.

Помимо исследования основных параметров биомеханический анализатор позволяет косвенно оценивать состояние слезной пленки. Прибор измеряет яркость инфракрасного излучения, отраженного от роговицы, и рассчитывает показатель качества слезной пленки (Tear Film Value). Применение препаратов, содержащих консервант, по мнению ряда исследователей, способствует разрушению слезной пленки и развитию синдрома «сухого глаза». Взгляды разных авторов на выраженность данного эффекта и сроки развития негативного влияния противоречивы. На фоне терапии препаратом Пролатан в течение 6 месяцев качество слезной пленки достоверно не изменилось. Показатель Tear Film Value до лечения равнялся в среднем $7,0 \pm 5,7$ (диапазон от -1,3 до 26,1). На фоне терапии он составил в среднем $6,9 \pm 5,6$ (от -7,9 до 34,7). Стоит отметить большую вариабельность значений качества слезной пленки у пациентов после назначения данного препарата.

В контрольной группе изменение ВГД было выражено меньше и следует отметить различие эффекта в отношении показателей роговично-компенсированного и аналогичного тонометрии по Гольдману давлений. Первый снизился в среднем на 26,7%, а второй — на 23,1% (табл. 2). Изменение биомеханических показателей происходило аналогично основной группе, однако, как и в случае ВГД, динамика была меньше. Показатели до лечения в обеих группах практически совпадали, что

Таблица 2. Результаты исследования с помощью двунаправленной аппланации роговицы в контрольной группе, мм рт.ст.

Table 2. The results of studies using bidirectional applanation of the cornea in the control group, mmHg

	Показатели тонометрии Tonometry parameters		Биомеханические параметры Biomechanical parameters	
	IOPg	IOPcc	CRF	CH
До лечения Before treatment	22,0±1,9	22,9±1,8	11,6±1,3	9,2±1,2
На фоне терапии During of therapy	16,9±1,7	16,8±1,8	11,1±1,4	10,7±1,4

определяется критериями отбора пациентов. На фоне терапии тимололом не достигнуто равенство показателей фактора резистентности и гистерезиса роговицы, несмотря на изначально более низкие показатели офтальмотонуса.

Показатель толщины роговицы в центральной зоне достоверно не отличался от основной группы, среднее значение до назначения терапии было 555 ± 28 мкм, на фоне терапии тимололом в течение 6 месяцев достоверно не изменилось и составило 561 ± 27 мкм.

Показатель качества слезной пленки при лечении тимололом немного снизился, однако изменение также не было достоверным. Значение Tear Film Value до лечения $7,4 \pm 5,9$ (диапазон от -1,2 до 31,4), на фоне терапии — $7,0 \pm 5,6$ (от -0,2 до 27). Данный эффект может быть связан с прямым действием бета-адреноблокатора или большей дозой консерванта из-за двукратных инстилляций в течение суток.

Обсуждение

Исследование биомеханических параметров фиброзной оболочки глаза происходит одновременно с измерением показателей тонометрии. Очевидно, что характеристики вязкоэластического состояния оболочки находятся в тесной взаимосвязи с офтальмотонусом. Процесс двунаправленной аппланации роговицы является наиболее достоверным прижизненным способом оценки фиброзной оболочки глаза. Однако в настоящее время отсутствует возможность раздельного определения свойств роговицы и склеры, как и полностью тензионезависимое изучение их биомеханики. Исходя из этого, исследование фактора резистентности и гистерезиса роговицы позволяет лишь в определенной мере судить о воздействии какого-нибудь фактора на фиброзную оболочку.

В настоящей работе проведено сравнение эффекта терапии латанопростом и тимололом на результаты двунаправленной аппланации роговицы. Несмотря на небольшое различие в гипотензивном эффекте препаратов, выявлены тенденции

изменения биомеханических показателей. Конечные результаты не позволяют говорить о достоверном отличии в эффекте простагландинов на состояние фиброзной оболочки глаза. Важным моментом является сохранение постоянной разницы между роговично-компенсированным и аналогичным тонометрии по Гольдману давлениями на фоне терапии латанопростом в течение 6 месяцев. Данный показатель (IOPcc-IOPg) называется «поправкой тонометрии» и самостоятельно характеризует упругие свойства роговицы и склеры.

Следует отметить различие в конечных значениях CRF на фоне терапии. Более высокое значение в контрольной группе может быть расценено как признак влияния латанопроста на биомеханические свойства. Однако данное различие недостоверно и может быть также объяснено сравнительно высоким конечным ВГД на фоне действия тимолола.

Большой интерес представляет выраженность и скорость прогрессирования синдрома «сухого глаза» при терапии глаукомы. Динамика показателя качества слезной пленки в группах исследования не позволила установить значимого различия, но тенденция ухудшения при лечении тимололом говорит о потенциальной информативности данного метода контроля.

Для формирования окончательных представлений о воздействии гипотензивных препаратов на свойства и состояние фиброзной оболочки глаза и глазной поверхности необходимо увеличение количества обследуемых и удлинение периода наблюдения, что является предметом наших дальнейших работ.

Заключение

Таким образом, проведенное исследование не выявило существенных изменений фиброзной оболочки глаза на фоне терапии латанопростом. Динамика биомеханических показателей, определяемых с помощью двунаправленной аппланации роговицы, была преимущественно связана со снижением ВГД. Более выраженные эффекты латанопроста в отношении роговицы и склеры в сравнении с тимололом,

по-видимому, связаны с различной гипотензивной эффективностью препаратов. В процессе наблюдения не установлено существенного воздействия на состояние слезной пленки, что может быть связано с недостаточным периодом наблюдения и назначением лечения впервые у данных пациентов. Полученные результаты подтверждают место

аналогов простагландинов в терапии глаукомы как препаратов первого выбора и указывают на высокое качество современных дженерических форм. Изучение представленных эффектов использования латанопроста при более продолжительном применении является предметом для дальнейших исследований.

Литература

1. Brandt J.D., Beiser J.A., Gordon M.O., Kass M.A., Ocular Hypertension Treatment Study G. Central corneal thickness and measured IOP response to topical ocular hypotensive medication in the Ocular Hypertension Treatment Study. *Am J Ophthalmol.* 2004;138(5): 717-722. doi: 10.1016/j.ajo.2004.07.036.
2. Wang S.Y., Melles R., Lin S.C. The impact of central corneal thickness on the risk for glaucoma in a large multiethnic population. *J Glaucoma.* 2014; 23(9):606.
3. Luce D.A. Determining in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31(1):156-162. doi: 10.1016/j.jcrs.2004.10.044.
4. Bueno-Gimeno I., España-Gregori E., Gene-Sampedro A., Lanzagorta-Aresti A., Piñero-Llorens D.P. Relationship among corneal biomechanics, refractive error, and axial length. *Optom Vis Sci.* 2014;91(5): 507-513.
5. Аветисов С.Э., Бубнова И.А., Новиков И.А., Антонов А.А., Сипливый В.И., Кузнецов А.В. Биометрические параметры фиброзной оболочки и биомеханические показатели. Сообщение 1. Влияние величины переднезадней оси, толщины и кривизны роговицы. *Вестник офтальмологии.* 2011;127(3):3-5.
6. Medeiros F.A., Meira-Freitas D., Lisboa R., Kuang T.-M., Zangwill L.M., Weinreb R.N. Corneal hysteresis as a risk factor for glaucoma progression: a prospective longitudinal study. *Ophthalmology.* 2013;120(8):1533-1540.
7. Аветисов С.Э., Бубнова И.А., Петров С.Ю., Антонов А.А., Решикова В.С. Особенности биомеханических свойств фиброзной оболочки глаза у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой. *Национальный журнал глаукома.* 2012;11(4):7-11.
8. Meda R., Wang Q., Paoloni D., Harasymowycz P., Brunette I. The impact of chronic use of prostaglandin analogues on the biomechanical properties of the cornea in patients with primary open-angle glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 2017;101(2):120-125. doi: 10.1136/bjophthalmol-2016-308432. Epub 2016 May 9.
9. Wu N., Chen Y., Yu X., Li M., Wen W., Sun X. Changes in corneal biomechanical properties after long-term topical prostaglandin therapy. *PLoS One.* 2016;11(5):e0155527. doi: 10.1371/journal.pone.0155527.

References

1. Brandt J.D., Beiser J.A., Gordon M.O., Kass M.A., Ocular Hypertension Treatment Study G. Central corneal thickness and measured IOP response to topical ocular hypotensive medication in the Ocular Hypertension Treatment Study. *Am J Ophthalmol.* 2004;138(5): 717-722. doi: 10.1016/j.ajo.2004.07.036.
2. Wang S.Y., Melles R., Lin S.C. The impact of central corneal thickness on the risk for glaucoma in a large multiethnic population. *J Glaucoma.* 2014;23(9):606.
3. Luce D.A. Determining in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31(1):156-162. doi: 10.1016/j.jcrs.2004.10.044.
4. Bueno-Gimeno I., España-Gregori E., Gene-Sampedro A., Lanzagorta-Aresti A., Piñero-Llorens D.P. Relationship among corneal biomechanics, refractive error, and axial length. *Optom Vis Sci.* 2014;91(5): 507-513.
5. Avetisov S.E., Bubnova I.A., Novikov I.A., Antonov A.A., Sipliviy V.I., Kuznetsov A.V. Fibrous tunic biomechanics and biometric indices. Report 1. The impact of axial length, thickness and corneal curvature. *Vestn Oftalmol.* 2011;127(3):3-5.
6. Medeiros F.A., Meira-Freitas D., Lisboa R., Kuang T.-M., Zangwill L.M., Weinreb R.N. Corneal hysteresis as a risk factor for glaucoma progression: a prospective longitudinal study. *Ophthalmology.* 2013;120(8):1533-1540.
7. Avetisov S.E., Bubnova I.A., Petrov S.Yu., Antonov A.A., Reshchikova V.S. Peculiarities of biomechanical properties of the fibrous capsule of the eye in patients with primary open-angle glaucoma. *National Journal Glaucoma.* 2012;11(4):7-11.
8. Meda R., Wang Q., Paoloni D., Harasymowycz P., Brunette I. The impact of chronic use of prostaglandin analogues on the biomechanical properties of the cornea in patients with primary open-angle glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 2017;101(2):120-125. doi: 10.1136/bjophthalmol-2016-308432. Epub 2016 May 9.
9. Wu N., Chen Y., Yu X., Li M., Wen W., Sun X. Changes in corneal biomechanical properties after long-term topical prostaglandin therapy. *PLoS One.* 2016;11(5):e0155527. doi: 10.1371/journal.pone.0155527.

Поступила / Received / 11.02.2018