

ДИНАМИКА РОГОВИЧНО-КОМПЕНСИРОВАННОГО ВНУТРИГЛАЗНОГО ДАВЛЕНИЯ В РАЗНЫЕ СРОКИ ПОСЛЕ ФИСТУЛИЗИРУЮЩЕЙ АНТИГЛАУКОМНОЙ ОПЕРАЦИИ

Алексей Анатольевич АНТОНОВ, Тигран Манукович АГАДЖАНИЯ

НИИ глазных болезней

119021, г. Москва, ул. Россолимо, 11, корп. А, Б

Цель исследования – изучить изменение внутриглазного давления (ВГД) в послеоперационном периоде фистулизирующей антиглаукомной операции при измерении с помощью метода двунаправленной пневмоаппланации роговицы. **Материал и методы.** Клиническое исследование проведено в выборке из 50 пациентов (50 глаз), которым по показаниям была выполнена антиглаукомная операция – синусотрабекулэктомия с базальной иридэктомией. Исследование с помощью биомеханического анализатора Ocular Response Analyzer выполняли до операции, через 1–2 мес. и через 6–12 мес. Контрольную группу составили 100 пациентов (100 глаз) с глаукомой на фоне гипотензивной терапии. **Результаты и их обсуждение.** Хирургическое лечение глаукомы во всех случаях группы исследования привело к снижению и нормализации ВГД. Уровень роговично-компенсированного ВГД до операции был в диапазоне от 19,3 до 34,3 мм рт. ст., после операции он уменьшился в среднем на 8,5 мм рт. ст. (34 % от исходного). В отдаленном периоде обнаружено увеличение данного показателя в среднем на 1,4 мм рт. ст. Роговично-компенсированное давление в данной ситуации представляет собой более важный показатель с прогностической точки зрения. Выявленное отличие ВГД, аналогичного тонометрии по Гольдману, подчеркивает высокую вероятность ошибок в данной группе пациентов. Важной особенностью двунаправленной аппланации роговицы является возможность анализа корнеограмм и оценки качества проведенного исследования.

Ключевые слова: роговица, склера, фиброзная оболочка, биомеханический анализатор, роговично-компенсированное давление, тонометрия, внутриглазное давление, глаукома.

Фистулизирующая антиглаукомная хирургия является методом выбора при некомпенсации внутриглазного давления (ВГД) с помощью местной терапии, приводящей к прогрессированию глаукомной оптической нейропатии. Совершенствование техники синусотрабекулэктомии снизило риск осложнений, а применение антиметаболитов уменьшает риск рубцевания, что позволяет выполнять операцию на более ранних стадиях заболевания при высокой остроте зрения. Многие пациенты отмечают изменение зрения после антиглаукомных операций, которое исследователи связывают со снижением прозрачности оптических сред глаза и увеличением роговичного астигматизма [4, 5, 7]. Как известно, при синусотрабекулэктомии происходит нарушение целостности фиброзной оболочки глаза и снижение ВГД, что может приводить к изменению формы и биомеханических свойств роговицы и склеры. Кроме того, существуют дополнительные факторы, влияющие на состояние внутриглазных структур у ряда пациентов: выполнение иридэк-

томии и изменение глубины передней камеры, применение мидриатиков в послеоперационном периоде, формирование цилиохориоидальной отслойки. Перечисленные изменения могут приводить к рефракционным нарушениям и исказить результаты диагностических методов исследования.

Доказано, что биомеханические свойства фиброзной оболочки глаза влияют на показатели тонометрии [1, 3]. Это влияние может существенно усиливаться после антиглаукомных операций за счет нарушения целостности и формы оболочек глаза, что может приводить к ошибкам измерения ВГД у оперированных пациентов. Биомеханические исследования фиброзной оболочки глаза при глаукоме в последнее десятилетие перешли на новый уровень благодаря внедрению в клиническую практику прижизненных методов: эластотонометрии и двунаправленной пневмоаппланации роговицы [2, 6]. Сформировано представление о нормальных значениях эластоподъема, роговичного гистерезиса (corneal hysteresis, CH), факто-

Антонов А.А. – к.м.н., ведущий научный сотрудник отдела глаукомы, e-mail: niigb.antonov@gmail.com

Агаджания Т.М. – аспирант отдела глаукомы, e-mail: tiko911@ya.ru

ра резистентности роговицы (corneal resistance factor, CRF), роговично-компенсированного ВГД (corneal-compensated intraocular pressure, IOPcc) и их изменениях при глаукоме, в том числе на фоне гипотензивной терапии. Однако исследования биомеханических параметров фиброзной оболочки глаза после антиглаукомной хирургии не проводились.

Актуальность исследования биомеханических свойств фиброзной оболочки глаза обусловлена разработкой новых методов изучения биомеханики и необходимостью правильной интерпретации показателей ВГД для диагностики уровня офтальмотонуса и мониторинга глаукомного процесса при условии значительного физиологического разнообразия в строении и свойствах роговицы и склеры [5]. Исследования биомеханических свойств фиброзной оболочки глаза *in vivo*, как правило, основаны на оценке изменения ее формы в ответ на какое-либо механическое воздействие. Наибольшее распространение в клинической практике получил анализатор биомеханических свойств роговицы (Ocular Response Analyzer, ORA), принцип работы которого основан на двунаправленной апланации роговицы струей воздуха [7]. Однако в некоторых клинических ситуациях измеряемые прибором показатели не совсем адекватно отражают ожидаемые изменения свойств фиброзной оболочки глаза, что требует поиска как новых способов исследования, так и альтернативных подходов к анализу данных этого метода.

В связи с тем, что влияние на патогенетические факторы при глаукоме не всегда возможно, основные медикаментозные, лазерные и хирургические методы лечения заболевания направлены на снижение ВГД. Кроме того, определение офтальмотонуса является основой скрининга для выявления глаукомы. Как показали исследования последних лет, точность его измерения традиционными методами в значительной степени зависит от биомеханических свойств фиброзной оболочки глаза. Анализатор вязкоэластических свойств ORA позволяет измерить роговично-компенсированное ВГД, предложенное с целью снижения влияния особенностей роговицы и склеры на результат. Однако отсутствуют нормативные значения данного показателя для разных групп пациентов.

В клинической практике уровень ВГД чаще всего сравнивают со среднестатистической нормой, в некоторых случаях дополнительно учитывают рефракцию и стадию глаукомы. Такой подход является приблизительным и сопряжен с рядом диагностических ошибок [4]. Определение толерантного ВГД возможно с помощью диагно-

стических проб или измерения пульсового глазного кровотока (ОВФ), но доступность этих методов в настоящее время низкая. Исследование биомеханических свойств фиброзной оболочки глаза с помощью двунаправленной апланации роговицы и определение роговично-компенсированного ВГД получают все более широкое распространение в России. Оценка биомеханических показателей позволяет дополнительно оценить риски прогрессирования глаукомы, чему посвящен ряд научных работ [3–6].

Проблема заключается в значительном диапазоне физиологической нормы роговичного гистерезиса и фактора резистентности, что затрудняет их оценку при крайних значениях. Предложенное соотношение CH/CRF характеризует напряжение фиброзной оболочки глаза ВГД и в норме приближается к значению 1,0, однако это справедливо для глаз со средними биомеханическими свойствами. При снижении жесткости соотношение увеличивается и, наоборот, при увеличении становится менее 1,0 в здоровых глазах.

Целью работы стало изучение изменения внутриглазного давления в послеоперационном периоде фистулизирующей антиглаукомной операции при измерении с помощью метода двунаправленной пневмоапланации роговицы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Клиническое исследование проведено в выборке из 50 пациентов (50 глаз), которым по показаниям была выполнена антиглаукомная операция – синусотрабекулэктомия с базальной иридэктомией. Техника хирургического вмешательства была стандартной, с обычной локализацией фистулы. Исследование с помощью биомеханического анализатора выполняли до операции, через 1–2 мес. (после стабилизации уровня ВГД и отмены противовоспалительной терапии) и через 6–12 мес. Контрольную группу составили 100 пациентов (100 глаз) с глаукомой II и III стадии, которым при некомпенсации офтальмотонуса был усилен гипотензивный режим. Исследование с помощью двунаправленной пневмоапланации роговицы проводили до назначения дополнительного препарата и через 2–4 недели на фоне терапии.

Критерии исключения из исследования: офтальмологические операции в анамнезе, в том числе лазерная иридэктомия; выраженные индивидуальные особенности фиброзной оболочки глаза (включая толщину роговицы менее 480 и более 620 мкм ($M \pm 2\sigma$), величина переднезадней оси менее 22 и более 27 мм), анизометропии высоких степеней; воспалительные и дистрофические заболевания глаза; патология век и придаточного

аппарата глаза; другие противопоказания к проведению офтальмохирургических вмешательств. Критерии включения в группу исследования: возраст от 40 до 75 лет; острота зрения не менее 0,1; толщина роговицы в центральной зоне от 480 до 620 мкм; величина переднезадней оси глаза от 22 до 27 мм.

Всем пациентам были выполнены базовые методы исследования, в том числе направленные на диагностику глаукомы: визометрия, биомикроскопия, гониоскопия, бесконтактная тонометрия, стандартная автоматическая периметрия (анализатор полей зрения Humphrey Field Analyzer II 750i, Zeiss AG, Германия) по программе 30-2 стратегии SITA-Standard, офтальмоскопия, оптическая когерентная томография диска зрительного нерва и комплекса ганглиозных клеток сетчатки (томограф RTVue 100, OptoVue, США). Анатомические параметры роговицы и склеры измеряли с помощью кераторефрактометрии (кераторефрактометр Canon, Япония), ультразвукового исследования глаза в А-режиме на приборе Alcon RxP (Alcon, США), пахиметрии роговицы датчиком, встроенным в Ocular Response Analyzer (Reichert, США).

Проведение исследования одобрено Локальным биомедицинским этическим комитетом НИИ глазных болезней, протокол № 53/1 от 4 июня 2018 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Хирургическое лечение глаукомы у пациентов группы исследования во всех случаях привело к снижению и нормализации ВГД. Гипотензивную терапию удалось отменить полностью у 76 % пациентов, у остальных в послеоперационном периоде были назначены гипотензивные препараты. Таким образом, в результате хирургического лечения среднее количество капель для снижения офтальмотонуса было уменьшено с $2,7 \pm 1,1$ до $0,41 \pm 0,53$ ($p < 0,05$).

Изменение показателей тонометрии и биомеханических параметров после операции было статистически достоверным (табл. 1). Уровень роговично-компенсированного ВГД до операции

был в диапазоне от 19,3 до 34,3 мм рт. ст. Следует отметить достаточно низкие значения биомеханических показателей фиброзной оболочки глаза. Фактор резистентности роговицы, который увеличивается при повышении офтальмотонуса, находился в диапазоне средних значений, снижение роговичного гистерезиса в среднем было выражено не сильно. Выявлено разнообразие значений этих показателей, характерное для популяции: значения CRF были в диапазоне от 6,8 до 16,3 мм рт. ст., СН – от 4,0 до 12,5 мм рт. ст.

Соотношение биомеханических параметров (СН/CRF), характеризующее напряжение фиброзной оболочки глаза, составило в дооперационном периоде 0,77. Коэффициент биомеханического напряжения (Kbs), указывающий на компенсацию ВГД, был в среднем достоверно выше нормы – $1,24 \pm 0,26$. Биомеханическая поправка тонометрии (разность IOPcc и IOPg) была положительной, что подтверждает снижение биомеханических свойств фиброзной оболочки глаза, и в среднем составила $1,6 \pm 2,7$ мм рт. ст. ($p < 0,05$).

Хирургическое лечение глаукомы привело к выраженному снижению роговично-компенсированного ВГД в среднем на 8,5 мм рт. ст. (34 % от исходного), что в сочетании с отменой гипотензивных препаратов говорит о высокой эффективности фистулизирующей операции. Нормализация офтальмотонуса подтверждалась изменением соотношения роговичного гистерезиса и фактора резистентности, которое увеличилось до 1,01. Также выявлено значительное снижение коэффициента биомеханического напряжения фиброзной оболочки глаза до $0,77 \pm 0,17$.

Биомеханическая поправка тонометрии в сроки обследования после операции достоверно не отличалась от дооперационных значений и составляла $1,6 \pm 1,7$. Это может указывать на систематическую погрешность определения офтальмотонуса у пациентов до и после антиглаукомной хирургии. Учитывая преимущественное проведение операций в развитой и далекозашедшей стадии заболевания, данная особенность может быть причиной недооценки тяжести состояния больного и приводить к потере зрительных функций.

Таблица 1

Сравнение показателей, измеряемых с помощью биомеханического анализатора, в группе исследования до и через 1–2 мес. после хирургического лечения

Срок наблюдения	Показатель тонометрии, мм рт. ст.		Биомеханический параметр, мм рт. ст.	
	IOPg	IOPcc	CRF	СН
До лечения	$23,1 \pm 5,5$	$24,7 \pm 4,3$	$10,7 \pm 2,3$	$8,2 \pm 1,7$
После операции	$14,6 \pm 3,9$	$16,2 \pm 3,3$	$9,4 \pm 1,8$	$9,5 \pm 1,3$

Таблица 2

Сравнение показателей, измеряемых с помощью двунаправленной апланации роговицы, в группе терапевтического лечения (контроль)

Срок наблюдения	Показатель тонометрии, мм рт. ст.		Биомеханический параметр, мм рт. ст.	
	IOPg	IOPcc	CRF	CH
До усиления терапии	23,9 ± 3,4	25,2 ± 3,2	11,4 ± 1,4	8,6 ± 1,2
На фоне нового лечения	16,2 ± 2,9	17,4 ± 1,8	10,0 ± 2,1	9,6 ± 1,6

Следует отметить, что снижение ВГД на фоне медикаментозного лечения было меньшим, чем после антиглаукомной операции. В среднем в контрольной группе достигнуто уменьшение роговично-компенсированного ВГД на 7,8 мм рт. ст., что составляет 31 % от исходного уровня. Однако была достигнута компенсация офтальмотонуса по основным биомеханическим критериям: соотношение CH/CRF приблизилось к 1,0 (увеличилось с 0,75 до 0,97), коэффициент биомеханического напряжения фиброзной оболочки снизился с 1,20 до 0,82. Изменение биомеханических показателей, измеряемых с помощью двунаправленной апланации роговицы, в контрольной группе несколько уменьшилось, но менее выражено, чем в сравнении с группой исследования (табл. 2).

Таким образом, при сравнимом снижении офтальмотонуса после операции и на фоне терапии происходят однонаправленные изменения биомеханических свойств фиброзной оболочки глаза. Группа хирургического лечения отличалась исходно более низкими значениями фактора резистентности и роговичного гистерезиса, что может быть значимым фактором погрешности при тонометрии. Дальнейшее наблюдение за группой пациентов, перенесших антиглаукомную операцию, выявило увеличение показателя роговично-компенсированного ВГД и уменьшение поправки тонометрии (табл. 3). Выявленные изменения офтальмотонуса закономерны, однако динамика поправки тонометрии указывает на изменение биомеханических свойств фиброзной оболочки глаза в отдаленном периоде после операции.

Таблица 3

Динамика величины роговично-компенсированного ВГД в разные сроки после синустрабекулэктомии

Срок наблюдения	Показатель тонометрии, мм рт. ст.	
	IOPg	IOPcc
До лечения	23,1 ± 5,5	24,7 ± 4,3
Через 1–2 мес.	14,6 ± 3,9	16,2 ± 3,3
Через 6–12 мес.	16,7 ± 4,5	17,6 ± 4,1

ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении исследования с помощью прибора Ocular Response Analyzer чаще возникают ложноположительные ошибки, т.е. завышение величины ВГД. Это связано с тем, что алгоритм двунаправленной апланации и анализа корнеограммы практически исключает занижение тонометрических показателей. При этом сопутствующие измерению особенности поведения пациентов (эмоциональное напряжение, задержка дыхания, сжатие или широкое раскрытие век) приводят к повышению ВГД и искажают результаты исследования. Это важная особенность в диагностике уровня компенсации ВГД после хирургического лечения глаукомы. Роговично-компенсированное давление в данной ситуации является более важным показателем с прогностической точки зрения. Выявленное отличие ВГД, аналогичного тонометрии по Гольдману (Goldmann-correlated IOP, IOPg), подчеркивает высокую вероятность ошибок в данной группе пациентов.

Важной особенностью двунаправленной апланации роговицы является возможность анализа корнеограмм и оценки качества проведенного исследования. Знание особенностей графического представления проведенной процедуры позволяет избежать в том числе тонометрических ошибок. При анализе корнеограмм особое внимание следует обращать на наличие дополнительных пиков на подъеме до первой апланации. Еще одним критерием является оценка положения синего маркера на графике давления относительно пика апланации. Дополнительные пики приводят к смещению маркера влево, что связано с математическим аппаратом анализа графика и приводит к недооценке уровня ВГД. Аналогичная ошибка возможна при удвоении второго пика. Такая ситуация иногда возникает при выраженном снижении жесткости фиброзной оболочки глаза, например, у пациентов с высокой близорукостью. Второй пик может быть раздвоен в верхней части или имеет место удвоение второго пика. Если та-

кая ситуация повторяется в серии измерений, при оценке результатов следует использовать данные, рассчитанные в ситуации, когда прибор выбрал для анализа первый пик после возвращения роговицы из вогнутого состояния. При искажении формы корнеограммы и положения пиков расчет показателей двунаправленной апланации будет изменен и роговично-компенсированное ВГД может быть определено неверно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изменение показателей тонометрии и биомеханических параметров после операции было статистически достоверным. Выявлены значительное снижение роговично-компенсированного ВГД, фактора резистентности роговицы и увеличение роговичного гистерезиса. Нормализация офтальмотонуса подтверждалась изменением соотношения роговичного гистерезиса и фактора резистентности и снижением коэффициента биомеханического напряжения фиброзной оболочки глаза, которые достигли нормальных значений. Биомеханическая поправка тонометрии через 1–2 мес. после операции достоверно не отличалась от дооперационных значений, а в отдаленном периоде отмечено ее уменьшение. При обследовании пациентов до и после антиглаукомной хирургии необходимо учитывать возможное занижение показателей офтальмотонуса.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аветисов С.Э., Бубнова И.А., Антонов А.А. Исследование влияния биомеханических свойств роговицы на показатели тонометрии // Бюл. СО РАМН. 2009. 138. (4). 30–33.
2. Еричев В.П., Еремина М.В., Якубова Л.В., Арефьева Ю.А. Анализатор биомеханических свойств глаза в оценке вязкоэластических свойств роговицы в здоровых глазах // Глаукома. 2007. 6. (1). 11–15.
3. Рачевский Ф.А. К вопросу о напряжениях в роговой оболочке // Рус. офтальмол. журн. 1930. (12). 3–16.
4. Francis B.A., Wang M., Lei H., Du L.T., Minckler D.S., Green R.L., Roland C. Changes in axial length following trabeculectomy and glaucoma drainage device surgery // Br. J. Ophthalmol. 2005. 89. (1). 17–20.
5. Hugkulstone C.E. Changes in keratometry following trabeculectomy // Br. J. Ophthalmol. 1991. 75. (4). 217–218.
6. 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.
7. Németh J., Horóczy Z. Changes in the ocular dimensions after trabeculectomy // Int. Ophthalmol. 1992. 16. (4-5). 355–357.

DYNAMICS OF THE CORNEAL-COMPENSATED INTRAOCULAR PRESSURE IN DIFFERENT TERMS AFTER FISTULIZING GLAUCOMA SURGERY

Alexey Anatolyevich ANTONOV, Tigran Manukovich AGADZHANYAN

*Scientific Research Institute of Eye Diseases
119021, Moscow, Rossolimo str., 11, bldg. A, B*

Research objective was to study the changes of intraocular pressure (IOP) in the postoperative period after a fistulizing antiglaucomatous operation by measurement with the method of a bidirectional cornea pneumoapplanation. **Material and methods.** Clinical trial was performed on the sampling from 50 patients (50 eyes) underwent antiglaucomatous operation – a trabeculectomy with basal iridectomy. The research by means of the biomechanical Ocular Response Analyzer was carried out before operation, in 1–2 months and in 6–12 months. The control group was made of 100 patients (100 eyes) with glaucoma against the background of hypotensive therapy. **Results and discussion.** The surgical glaucoma treatment led to IOP depression and normalization in all cases of research group. Level of the corneal compensated IOP before operation was in the range from 19.3 to 34.3 mmHg. The glaucoma surgical treatment led to the corneal compensated IOP expressed depression on average on 8.5 mmHg (34 % of initial). The augmentation of this indicator on average on 1,4 mmHg was revealed in the remote period. The corneal compensated IOP in this situation is more important indicator from the prognostic point of view. The revealed difference of IOP is similar to a tonometry according to Goldman emphasizes high probability of mistakes in this group of patients. Important feature of cornea bidirectional application is the possibility of the corneogram analysis and estimating the quality of IOP measurement.

Key words: cornea, sclera, fibrous eye layer, biomechanical analyzer, corneal-compensated pressure, tonometry, intraocular pressure, glaucoma.

*Antonov A.A. – candidate of medical sciences, leading researcher of glaucoma department,
e-mail: niigb.antonov@gmail.com*

Agadzhanian T.M. – postgraduate student of glaucoma department, e-mail: tiko911@ya.ru