

УДК 617.753.3:617.741-004.1-059.9-089-084

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ХИРУРГИЧЕСКИ ИНДУЦИРОВАННОГО АСТИГМАТИЗМА ПОСЛЕ УЗ-ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ ВОЗРАСТНОЙ КАТАРАКТЫ

В. А. Коломиец, д-р мед. наук, С. К. Дмитриев, д-р мед. наук,

Ю. М. Лазарь, врач

ГУ «Институт глазных болезней и тканевой терапии им. В. П. Филатова АМН Украины»

*Вивчено роль передопераційного внутріочного тиску та ригідності рогівки в розвитку хірургічно індукованого астигматизму після проведення операції факоемульсифікації з імплантацією ІОЛ у хворих катарактою.*

*Встановлено, що чим вище передопераційний ВОТ та чим нижче ригідність рогівки, тим вище значення ХІА. По показникам ригідності рогівки та ВОТ по Паскалю можна прогнозувати розвиток ХІА. Розроблено математичну модель прогнозу розвитку ХІА та його величини в залежності від показника ригідності рогівки.*

**Ключевые слова:** хирургически индуцированный астигматизм, УЗ-факоемульсификация, катаракта, внутриглазное давление, ригидность роговицы.

**Ключові слова:** хірургічно індукований астигматизм, УЗ-факоемульсифікація, катаракта, внутріочний тиск, ригідність рогівки.

**Введение.** Проблема прогноза развития хирургически индуцированного астигматизма (ХИА) имеет очень важное значение в системе лечения больных с возрастной катарактой [6, 7]. Учет ХИА необходим как для расчета конечной послеоперационной клинической рефракции, так и для выбора оптимальной модели интраокулярной линзы [4]. Между тем данные о ХИА после УЗ-факоемульсификации (ФЭ) могут носить достаточно разноречивый характер. Так, по данным J. Alio, D. Pinero (2011), величина ХИА может составлять от 0,56 до 4,12 дптр при величине туннельного разреза роговицы 2,7 мм [12]. По данным A. Qammar и P. Mullane (2005), значения ХИА после ФЭ с противоразрезом размером 3,2 мм могут составлять от 0,8 до 3,4 дптр [9].

Известно, что после ФЭ возрастной катаракты могут изменяться биомеханические свойства роговицы, что влияет на рефракционный результат операции [3, 7]. При этом установлено, что биомеханические характеристики оболочек глаза находятся в тесной связи с уровнем внутриглазного давления (ВГД) [2].

Известно, что при повышении ВГД регистрируются отчетливые признаки деформации роговицы, которые проявляются в выпячивании ее центральной зоны [2]. Деформация роговицы может быть обусловлена не только показателями ВГД, но и ригидностью роговой оболочки. При этом чем выше предоперационное ВГД и чем ниже ригидность роговицы, тем выше может быть значение ХИА у больных возрастной катарактой после операции ФЭ.

Под термином «ригидность» (жесткость) глаза предлагают обозначать сопротивление глазного

яблока изменению формы при внешних воздействиях [1].

**Цель** исследования — изучить роль предоперационного внутриглазного давления и ригидности роговицы в развитии хирургически индуцированного астигматизма после выполнения операции УЗ-факоемульсификации с имплантацией ИОЛ у больных возрастной катарактой.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ.** Под нашим наблюдением находились 76 больных, которым была произведена операция факоемульсификация возрастной катаракты с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ) (111 глаз) в возрасте от 17 до 83 лет, в среднем — 56,7 лет. При этом в возрасте до 40 лет было 13 человек (17,1 %), от 40 до 69 лет — 38 (50,0 %), от 70 и более лет — 25 человек (32,9 %). Из общего числа больных мужчин было 34 (44,7 %), женщин 42 (55,3 %). В исследование не включались больные катарактой, осложненной сопутствующей глазной патологией, а также с интраоперационными осложнениями.

Сроки наблюдения после операции составили 1–3 месяца.

Оперативное вмешательство ФЭ с имплантацией ИОЛ проводилось через основной туннельный разрез роговицы размером 2,2 или 2,75 мм, и два парасцентеза размером 1,2 мм. Парасцентезы располагались симметрично основному разрезу — в плоскости, перпендикулярной плоскости основного разреза. Во всех случаях использовалась разметка меридианов роговицы для точной локализации места разреза и расположения оси торических моделей имплантированных ИОЛ. Во всех случаях имплантировались моноблочные ИОЛ Alcon AcrySof.

Рефракцию и топографию роговицы определяли на кератотопографе TMS-4 («Tomey», Япония) до операции, при выписке и при повторных контрольных осмотрах.

© В. А. Коломиец, С. К. Дмитриев, Ю. М. Лазарь, 2012

У больных катарактой в 25 % случаев плотность ядра хрусталика была II степени, в 60 % — III степени и у 15 % — IV степени плотности (по Buratto, 2000г.).

Внутриглазное давление (ВГД) измеряли по методам Маклакова и Паскаля. Измерение ВГД по Маклакову выполнялось тонометром весом 10 г. Измерение ВГД методом Паскаля выполнялось на тонометре PASCAL («Ziemer», Швейцария). Данный прибор в настоящее время является наиболее точным при измерении истинного ВГД. Ригидность роговицы глаза определялась как разница между уровнями ВГД, измеренными по Маклакову и Паскалю [5].

Для определения величины ХИА использовалась компьютерная программа «The SIA Calculator Version 2.1», работающая в MS Excel и предложенная авторами Saurabh Sawhney, Aashima Aggarwal. В основе работы калькулятора лежит векторный анализ кератометрических пред- и послеоперационных данных (величины и направленности сильно-го и слабого меридианов роговицы) [6, 10].

Для описания результатов исследования использовались статистические методы: определение средних и среднеквадратических отклонений, корреляционный и регрессионный анализ, анализ ROC-кривых с поиском наиболее оптимальных точек разделения.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.** В таблице 1 представлены показатели ВГД и ригидности роговицы глаза у больных катарактой перед проведением операции факэмульсификации с имплантацией ИОЛ.

У больных возрастной катарактой перед проведением операции факэмульсификации с имплантацией ИОЛ среднее значение ВГД по Маклакову составило (19,1 (2,3)) мм рт. ст., ВГД по Паскалю — (18,6 (2,7)) мм рт. ст., показатель ригидности роговицы глаза — (0,4 (1,6)) мм рт. ст. (табл. 1).

Таблица 1

Внутриглазное давление (мм рт. ст.) и ригидность роговицы глаза (мм рт. ст.) у больных катарактой перед проведением операции факэмульсификации с имплантацией ИОЛ (M(SD))

Изучаемый показатель	n	Величина изучаемого показателя
ВГД по Маклакову	66	19,1 (2,3)
ВГД по Паскалю	59	18,6 (2,7)
Ригидность роговицы	59	0,4 (1,6)

Для определения связи между хирургически индуцированным астигматизмом и показателями ВГД, ригидности роговицы был использован корреляционный анализ (табл. 2).

Можно предположить, что значение ХИА у больных возрастной катарактой после операции факэмульсификации с имплантацией ИОЛ связано с ВГД и ригидностью роговицы глаза. Выявлена статистически достоверная положительная корреляционная связь  $r = 0,43$  ( $p = 0,002$ ) между значениями ХИА и ВГД по Паскалю. Установлена статистически достоверная отрицательная корреляционная связь  $r = -0,32$  ( $p = 0,024$ ) между значениями ХИА и ригидностью роговицы глаза. Достоверно значи-

мого влияния уровня предоперационного ВГД по Маклакову на значение ХИА не выявлено (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между хирургически индуцированным астигматизмом и внутриглазным давлением, ригидностью роговицы у больных возрастной катарактой через 1–3 месяца после факэмульсификации с имплантацией ИОЛ

Изучаемый показатель	Статистические показатели	
	Коэффициент корреляции (r)	p
ВГД по Маклакову	0,26	0,064
ВГД по Паскалю	0,43	0,002
Ригидность роговицы	-0,32	0,024

На рисунке 1 представлены значения ХИА через 1–3 месяца после операции факэмульсификации с имплантацией ИОЛ у больных возрастной катарактой в зависимости от степени ригидности роговицы.

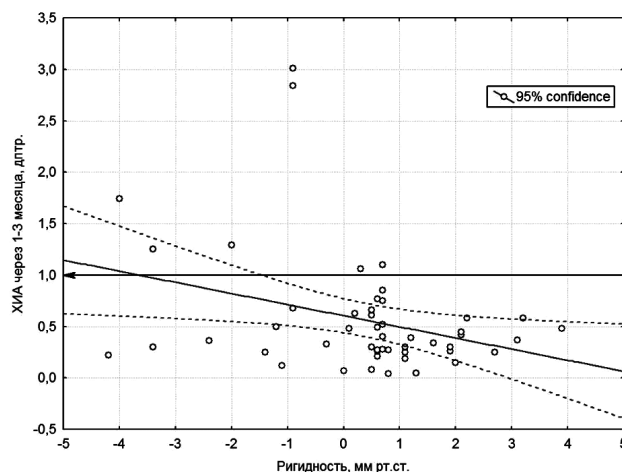


Рис. 1. Значения хирургически индуцированного астигматизма через 1–3 месяца после факэмульсификации с имплантацией ИОЛ в зависимости от ригидности роговицы.

На рисунке 1 выделены две группы значений ХИА — менее и более 1,0 дптр. В первой группе наблюдались 43 случая низких значений ХИА — менее 1,0 дптр. Во второй группе наблюдались 7 случаев с высокими значениями ХИА — более 1,0 дптр. В группе глаз с высоким ХИА значения были от 1,0 до 3,0 дптр.

Значение ХИА более 1,0 дптр является высоким и может приводить к снижению функциональных показателей глаза после операции. Определение факторов риска развития высокого ХИА является важным и может способствовать правильному подбору необходимой интраокулярной коррекции и получению высоких зрительных функций после операции факэмульсификации с имплантацией ИОЛ.

В таблице 3 представлены показатели ВГД и ригидности роговицы в группах больных со значе-

ниями ХИА ниже и выше 1,0 дптр через 1–3 месяца после факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ.

Таблица 3

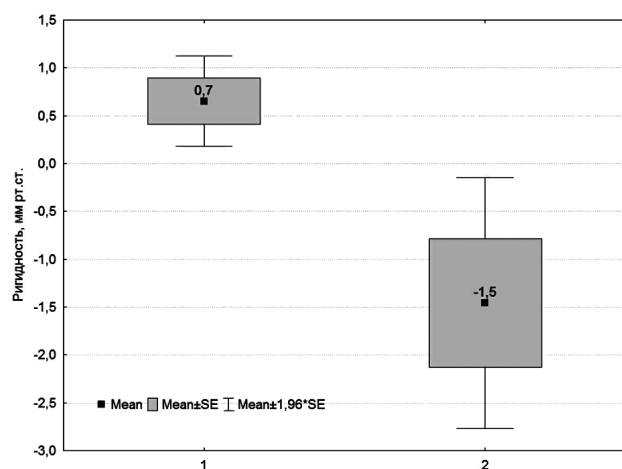
**Показатели внутриглазного давления (мм рт. ст.) и ригидности роговицы (мм рт. ст.) глаз при значениях хирургически индуцированного астигматизма менее и более 1,0 дптр через 1–3 месяца после операции (M (SD))**

Изучаемый показатель	<1,0 (n=43)	≥1,0 (n=7)	p
ВГД по Маклакову	19,1 (2,3)	19,7 (2,6)	0,5
ВГД по Паскалю	18,4 (2,5)	21,2 (3,3)	0,012
Ригидность роговицы	0,7 (1,6)	-1,5 (1,8)	0,002

Существует статистически значимое различие уровней ВГД по Паскалю ( $p=0,012$ ) и ригидности роговицы глаз ( $p=0,002$ ) при ХИА разной степени. Так, при ХИА менее 1,0 дптр ВГД по Паскалю было ниже, чем при ХИА более 1,0 дптр: (18,4 (2,5)) мм рт. ст. и (21,2 (3,3)) мм рт. ст. соответственно. Ригидность роговицы при ХИА менее 1,0 дптр была выше, чем при ХИА более 1,0 дптр: (0,7 (1,6)) мм рт. ст. и (-1,5 (1,8)) мм рт. ст. соответственно. Предоперационный уровень ВГД по Маклакову достоверно не влияет величину ХИА (табл. 3).

Учитывая эти данные, можно предположить, что чем выше предоперационное ВГД по Паскалю и чем ниже ригидность роговицы у больных возрастной катарактой, тем выше значение ХИА, и наоборот. Это может быть связано с тем, что более высокие значения ВГД обуславливают растяжение и деформацию оболочек глаза, в том числе и роговицы. При этом чем меньше ригидность роговицы, тем меньше способность противостоять факторам, ведущим к ее деформации.

На рисунке 2 представлены показатели ригидности роговицы у больных возрастной катарактой с ХИА разной степени через 1–3 месяца после операции факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ.



**Рис. 2. Ригидность роговицы глаз у больных катарактой с различной степенью хирургически индуцированного астигматизма (1 — < 1,0 дптр; 2 — ≥ 1,0 дптр) через 1–3 месяца после факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ.**

Значение ригидности роговицы при ХИА менее 1,0 дптр было выше, чем при ХИА более 1,0 дптр: 0,7 мм рт. ст. и -1,5 мм рт. ст. соответственно. Эти данные могут говорить о том, что на глазах с низкой ригидностью (менее 0 мм рт. ст.) изменчивость параметров роговицы после факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ выше, чем на глазах с высокой ригидностью (более 0 мм рт. ст.) (рис. 2).

Найденные статистически значимые различия в показателях ВГД по Паскалю и ригидности роговицы глаза позволяют использовать анализ ROC-кривых с поиском наиболее оптимальных точек разделения с целью определения величины ХИА в зависимости от предоперационных значений ВГД и ригидности роговицы глаза.

Таблица 4

**Характеристики теста прогноза развития ХИА после факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ на основе показателей предоперационного ВГД и ригидности роговицы**

Предоперационная характеристика прогностического теста	Статистические показатели				
	Точка деления, мм рт. ст.	Чувствительность, %	Специфичность, %	Площадь под ROC-кривой	p
Ригидность роговицы	≤0,3	85,7	74,4	0,83	0,0001
ВГД по Паскалю	>21,8	71,4	93,0	0,76	0,02
ВГД по Маклакову	>21,0	42,9	81,0	0,56	0,59

Показатели ригидности роговицы и ВГД по Паскалю являются статистически значимыми ( $p=0,0001$  и  $p=0,02$  соответственно) для определения прогностических значений ХИА. Показатель ВГД по Маклакову не является статистически значимым ( $p=0,59$ ) (табл. 4).

Для ригидности роговицы оптимальным значением является показатель 0,3 мм рт.ст., при котором чувствительность теста — 85,7 %, специфичность — 74,4 % и площадь ROC-кривой составляет 0,83. Приведенные данные свидетельствуют о том, что при ригидности роговицы 0,3 мм рт. ст. и менее в 85,7 % случаев значение ХИА будет выше 1,0 дптр. А при ригидности роговицы более 0,3 мм рт. ст. в 74,4 % глаз значение ХИА будет менее 1,0 дптр (табл. 4).

Для ВГД по Паскалю оптимальным значением является показатель 21,8 мм рт.ст., при котором чувствительность теста — 71,4 %, специфичность — 93,0 % и площадь ROC-кривой составляет 0,76. Это свидетельствует о том, что при ВГД по Паскалю более 21,8 мм рт.ст. в 71,4 % случаев будет наблюдаться значение ХИА выше 1,0 дптр. При ВГД по Паскалю менее 21,8 мм рт.ст. в 93,0 % случаев значение ХИА будет менее 1,0 дптр (табл. 4).

Поскольку имеется корреляционная связь между ригидностью роговицы и ХИА, предлагается

уравнение регрессии для прогноза величины ХИА после операции в зависимости от ригидности роговицы.

$\text{ХИА} = 0,60553 - 0,1082 \times \text{Ригидность роговицы в мм рт. ст.}$

Данная модель является статистически значимой ( $p < 0,023$ ).

### ВЫВОДЫ

1. Установлено, что у больных возрастной катарактой после операции факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ значение хирургически индуцированного астигматизма зависит от показателей предоперационного внутриглазного давления по Паскалю и ригидности роговицы. Об этом свидетельствует прямая корреляционная связь предоперационного уровня истинного внутриглазного давления (по Паскалю) и обратная корреляционная связь ригидности роговицы с хирургически индуцированным астигматизмом (то есть, чем выше предоперационное внутриглазное давление по Паскалю и чем ниже ригидность роговицы, тем выше хирургически индуцированный астигматизм).

2. Прогноз развития хирургически индуцированного астигматизма возможен по показателям внутриглазного давления по Паскалю и ригидности роговицы. Установлено, что через 1–3 месяца после операции факоэмульсификации с имплантацией интраокулярной линзы у больных возрастной катарактой при ригидности роговицы величиной 0,3 мм рт. ст. и менее в 85,7 % случаев значение хирургически индуцированного астигматизма будет выше 1,0 дптр; при внутриглазном давлении по Паскалю более 21,8 мм рт.ст. в 71,4 % случаев значение ХИА превысит 1,0 дптр.

3. Разработана математическая модель прогноза развития величины хирургически индуцированного астигматизма после факоэмульсификации возрастной катаракты в зависимости от показателя ригидности роговицы, которая определяется по формуле ( $\text{ХИА} = 0,60553 - 0,1082 \times \text{Ригидность роговицы в мм рт. ст.}$ ).

### ЛИТЕРАТУРА

1. **Аветисов С. Э.** Возможности и перспективы изучения биомеханических свойств роговицы / С. Э. Аветисов // Российские Медицинские Вести. 2011. — № 1, Том XVI. — С. 94–96.
2. **Сергиенко Н. М.** Изучение биомеханических свойств роговицы при миопии / Н. М. Сергиенко, И. В. Шаргородская // Офтальмол. журн. — 2011. — № 5. — С. 24–26.
3. Corneal biomechanical properties and intraocular pressure changes after phacoemulsification and intraocular lens implantation / R. Kucumen, N. Yenerel, E. Gorgun [et al.] // J. Cataract. Refract. Surg. — 2008. — Vol. 34, № 12. — P. 2096–2098.
4. **Gills J. P.** Combined toric intraocular lens implantation and relaxing incisions to reduce high preexisting astigmatism // J. P. Gills, M. Van der Karr, M. Cherchio // J. Cataract. Refract. Surg. — 2002. — Vol. 28, № 9. — P. 1585–1588.
5. **Gontijo L.** Corneal rigidity in numbers / <http://escrs.conference2web.com/content/4496/> // 27<sup>th</sup> Congress of the ESCRS : — Barcelona, 2009.
6. **Hill W.** Expected effects of surgically induced astigmatism on AcrySof toric intraocular lens results / W. Hill // J. Cataract. Refract. Surg. — 2008. — Vol. 34, № 3 — P. 364–367.
7. **Leffler C.** Prediction of postoperative astigmatism in cataract surgery / C. Leffler, G. Javey, M. Mahmood // Can. J. Ophthalmol. — 2008. — Vol. 43, № 5 — P. 551–554.
8. **Luce D.** Determining in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer / D. Luce // J. Cataract. Refract. Surg. — 2005. — Vol. 31, № 1 — P. 156–162.
9. **Qammar A.** Paired opposite clear corneal incisions to correct preexisting astigmatism in cataract patients / A. Qammar, P. Mullaney // J. Cataract. Refract. Surg. — 2005. — Vol. 31, № 6. — P. 1167–1170.
10. **Sawhney S.** Theoretical validity of vector analysis for aggregate astigmatic data / S. Sawhney // J. Cataract. Refract. Surg. — 2002. — Vol. 28, № 3 — P. 385–386.
11. **Sergienko N.** Determining corneal hysteresis and preexisting intraocular pressure / N. Sergienko, I. Shargorodskaya // J. Cataract. Refract. Surg. — 2009. — Vol. 35, № 12. — P. 2033–2034.
12. Vector analysis of astigmatic changes after cataract surgery with toric intraocular lens implantation / J. Alio, D. Pineiro, J. Tomas, A. Aleson // J. Cataract. Refract. Surg. — 2011. — Vol. 37, № 6. — P. 1038–1049.

Поступила 30.03.2012  
Рецензент д. м. н. В. Я. Усов

### PROGNOSTICATION OF SURGICALLY INDUCED ASTIGMATISM AFTER ULTRASOUND EMULSIFICATION OF AGE-RELATED CATARACT

V. O. Kolomiets, S. K. Dmytriiev, Yu. M. Lazar

Odessa, Ukraine

The role of preoperative intraocular pressure and corneal rigidity in prognostication of surgically induced astigmatism after phacoemulsification with IOL implantation in patients with cataract were investigated.

It is established that preoperative true IOP (PASCAL) and corneal rigidity influence on prognostication of surgically induced astigmatism after phacoemulsification. The mathematical prognosis model for surgically induced astigmatism after phacoemulsification depending on corneal rigidity was developed.