

БЕЛОВ  
Дмитрий Федорович

ВЛИЯНИЕ МЕДИКАМЕНТОЗНОГО И ХИРУРГИЧЕСКОГО  
ЛЕЧЕНИЯ ГЛАУКОМЫ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ  
ПАРАМЕТРЫ ГЛАЗА И ТОЧНОСТЬ РАСЧЕТА ИОЛ

3.1.5. Офтальмология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Санкт-Петербург – 2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

Научный руководитель:

доктор медицинских наук Николаенко Вадим Петрович

Официальные оппоненты:

Иошин Игорь Эдуардович – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Клиническая больница», руководитель Центра офтальмологии (г. Москва).

Трубилин Владимир Николаевич – доктор медицинских наук, профессор, Академия постдипломного образования Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства России», заведующий кафедрой офтальмологии (г. Москва).

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Москва).

Защита состоится «24» января 2022 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета 07.2.002.05 на базе федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ (194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6).

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке и на официальном сайте ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ.

Автореферат разослан «    »                      2021 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор медицинских наук, профессор



Сергей Викторович Чурашов

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность исследования

Катаракта является ведущей устранимой причиной слабовидения и обратимой слепоты в мире (Congdon N., 2004). Предложенная в 1967 г. С. Kelman ультразвуковая факоэмульсификация (ФЭ) благодаря технологическому прогрессу (появлению современных хирургических установок и прецизионных одноразовых инструментов, вискоэластических субстанций и сбалансированных солевых растворов, новых полимеров для изготовления искусственных хрусталиков) стала «золотым стандартом» безопасной хирургии катаракты (Kelman C.D., 1967). Данная операция является одной из наиболее распространенных в мире, в Российской Федерации ежегодно выполняют около 460 – 480 тыс. ФЭ (Малюгин Б.Э., 2015).

В настоящее время решающую роль в оценке результатов хирургического лечения катаракты стало играть достижение рефракции цели, существенное отклонение от которой может приводить к различным медико-юридическим последствиям (Hawker M.J., 2005; Choi Y.J., 2009).

В эпоху сонографической биометрии основным источником ошибок расчета интраокулярных линз (ИОЛ) являлась погрешность самой методики, связанная с компрессией роговицы, как следствие, неправильным измерением длины переднезадней оси (ПЗО) глаза и глубины передней камеры (ГПК) (Olsen T., 1992). В настоящее время ультразвуковые методики оценки длины ПЗО используются редко (при зрелых катарактах), и методом выбора стала оптическая биометрия, лишенная недостатков контактных методик (Scholtz S.K., 2019). Основной причиной появления ошибок расчета ИОЛ в современной хирургии катаракты является неправильная оценка эффективного положения линзы (ЭПЛ), которое зависит от большого числа переменных (ГПК, преломляющие свойства роговицы, ее горизонтальный диаметр, толщина хрусталика, предоперационная рефракция, размер капсулорексиса, состояние стекловидного тела, гравитация, пол, возраст и др.) (Lister L.J., 2016; Mijnsbrugge J., 2018; Li S., 2019; Castro M.H., 2019).

И без того непростая задача достижения целевой рефракции на порядок усложняется наличием у пациента глаукомы. Традиционное каскадное (консервативное, лазерное, хирургическое) лечение воздействует на слезную пленку и роговицу, аксиальные размеры глаза и его передней камеры – важнейшие компоненты оптической системы глаза.

Длительное применение гипотензивных капель, особенно консервантных, существенно ухудшает состояние глазной поверхности, приводя, по меньшей мере, в каждом втором случае к синдрому «сухого» глаза (Wong A.B.C., 2018; Tirpack A.R., 2019). Как итог, стабильность преломляющей силы роговицы у пациентов с глаукомой может существенно варьировать, что подразумевает особенно пристальное внимание к их предоперационному обследованию. Уменьшение ПЗО, как наиболее значимой для расчета оптической силы ИОЛ переменной, флуктуация ГПК, как важнейшего определяющего ЭПЛ параметра после гипотензивных операций, может приводить к непредсказуемым послеоперационным рефракционным результатам (Law S.K., 2011; Pakravan M., 2017).

Учитывая распространенность глаукомы (около 60 млн человек в мире) (Quigley H.A., 2006), высокую (58 – 78%) вероятность развития катаракты после синустрабекулэктомии (СТЭ) (Sugar H.S., 1970; Keroub C., 1984; Lamping K.A., 1986; Pillai S., 1988; Clarke M.P., 1990; Razzak A., 1991; Rajavi Z., 2009), а также отсутствие поправок к формулам расчета ИОЛ, учитывающих ранее выполненную гипотензивную операцию с вносимыми ею изменениями в основные биометрические параметры глаза, проблема точности расчета оптической силы искусственного хрусталика у данной категории пациентов приобретает особую важность и практическое значение.

### Цель работы

Изучить влияние медикаментозного и хирургического лечения глаукомы на ключевые биометрические параметры глаза и выработать поправки, повышающие точность расчета ИОЛ после гипотензивных операций.

## Основные задачи работы

1. Выявить изменения биометрических параметров (ПЗО, кератометрических данных, ГПК) после гипотензивных операций (СТЭ, установки шунта Ex-PRESS, имплантации клапана Ahmed).
2. Провести анализ влияния СТЭ, установки шунта Ex-PRESS и имплантации клапана Ahmed на роговичный астигматизм.
3. Оценить эффекты медикаментозного лечения глаукомы на преломляющую силу роговицы.
4. Разработать поправки к формулам расчета ИОЛ после гипотензивных вмешательств.

## Научная новизна работы

Проведена сравнительная оценка влияния гипотензивных операций (как хорошо известной синустрабекулэктомии, так и относительно новых методик имплантации клапана Ahmed и шунта Ex-PRESS) на ключевые биометрические параметры глаза, используемые для расчета ИОЛ.

Впервые обнаружено увеличение преломляющей силы роговицы под воздействием постоянных инстилляций гипотензивных лекарственных средств.

Установлена ожидаемая ошибка расчета ИОЛ, зависящая от исходного уровня офтальмотонуса, у ранее оперированных по поводу глаукомы пациентов, нуждающихся в удалении катаракты.

## Теоретическая и практическая значимость работы

Показано, что СТЭ и установка шунта Ex-PRESS приводят к достоверному увеличению числа пациентов с роговичным астигматизмом свыше 1 дптр, становящихся кандидатами на имплантацию торических ИОЛ.

Установлено, что у пациентов с первичной закрытоугольной глаукомой (ПЗУГ) имеется значимо бóльшая миопическая ошибка расчета ИОЛ, обусловленная особенностями строения переднего отрезка глаза: более «крутой» роговицей, меньшими параметрами ГПК и горизонтального диаметра роговицы.

Определено влияние ВГД на величину ошибки расчета ИОЛ у прооперированных по поводу глаукомы и нуждающихся в удалении катаракты пациентов.

#### Методология и методы исследования

Методологической основой диссертационной работы явилось последовательное применение методов научного познания. Данная работа является прикладным клиническим исследованием. Диссертация выполнена в дизайне открытого исследования с применением клинических, функциональных, инструментальных методов диагностики и современных способов лечения.

#### Основные положения, выносимые на защиту

1. Типовым эффектом всех гипотензивных операций является обусловленное снижением ВГД укорочение аксиальной длины глаза.
2. СТЭ, так же, как и сходная с ней в техническом исполнении установка шунта Ex-PRESS приводят к значимому увеличению числа пациентов с роговичным астигматизмом более 1 дптр.
3. Постоянные инстилляци гипотензивных препаратов увеличивают преломляющую силу роговицы.
4. Ошибка расчета ИОЛ у прооперированных по поводу глаукомы пациентов зависит от достигнутого уровня ВГД.

#### Внедрение результатов работы в практику

Результаты исследования внедрены в практическую деятельность офтальмологического центра СПб ГБУЗ «Городской многопрофильной больницы №2», офтальмологического центра «Зрение» ООО «Инкерман», ГБУЗ РК «Республиканской больницы им. В.А. Баранова».

#### Апробация материалов работы

Основные материалы и положения диссертационной работы были доложены и обсуждены на XIX Международной медико-биологической конференции молодых исследователей «Фундаментальная наука и клиническая медицина — человек и его здоровье» (Санкт-Петербург, 2016); научной конференции офтальмологов «Невские горизонты» (Санкт-Петербург, 2016); 35<sup>th</sup> Congress of the European Society

of Cataract & Refractive Surgeons (Лиссабон, 2017); 4<sup>th</sup> International East-west meeting Société d’Ophtalmologie Internationale d’Est en Ouest (SOIESOU) (Париж, 2017); научной конференции офтальмологов «Невские горизонты» (Санкт-Петербург, 2018); 5<sup>th</sup> International East-west meeting Société d’Ophtalmologie Internationale d’Est en Ouest (SOIESOU) (Париж, 2018); 13<sup>th</sup> Congress of the European Glaucoma Society Congress (Флоренция, 2018); 37<sup>th</sup> Congress of the European Society of Cataract & Refractive Surgeons (Париж, 2019); 38<sup>th</sup> Congress of the European Society of Cataract & Refractive Surgeons (Online. Live. Interactive 2-4 October 2020); юбилейной конференции «Общая и военная офтальмология», посвященной 100-летию со дня рождения профессора В.В. Волкова (Санкт-Петербург, 2021); международном офтальмологическом конгрессе «Белые ночи» (Санкт-Петербург, 2021).

#### Публикации

По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, из них 5 статей в журналах, рецензируемых ВАК РФ.

#### Личное участие автора в проведении исследования

Автором самостоятельно проведен анализ отечественной и зарубежной литературы, разработан дизайн исследования, осуществлен набор клинических наблюдений с обобщением и статистической обработкой полученных результатов. Анализ полученных данных, формулировка выводов и практических рекомендаций выполнены автором. Весь материал, представленный в диссертации, получен, обработан и подвергнут анализу автором лично.

#### Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 145 страницах и состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций и библиографического списка. Работа иллюстрирована 36 таблицами и 24 рисунками. Список литературы содержит 146 источников (из них отечественных – 11, иностранных – 135).

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

## Материалы и методы

Данное исследование проведено на базе офтальмологического центра Санкт-Петербургского городского бюджетного учреждения здравоохранения «Городская многопрофильная больница №2».

Дизайн исследования: проспективное когортное.

Для оценки биометрических изменений после гипотензивных операций было обследовано 196 пациентов (99 мужчин и 97 женщин, средний возраст  $71,2 \pm 8,7$  лет), которые вошли в первую группу, состоявшую из следующих подгрупп:

-1-я подгруппа: пациенты, которым выполнена синустрабекулэктомия (116 человек, средний возраст  $69,8 \pm 7,9$  лет);

-2-я подгруппа: пациенты после установки шунта Ex-PRESS (28 человек, средний возраст  $73,1 \pm 9,8$  года);

-3-я подгруппа: пациенты, перенесшие имплантацию клапана Ahmed (52 человека, средний возраст  $73,3 \pm 9,5$  года).

Всем пациентам до операции, а также через 30 дней и 6 месяцев после вмешательства выполнялись стандартное офтальмологическое обследование, авторефрактокератометрия (Торсон-8800), кератотопография (Томеу TMS-4), а также измерение длины ПЗО, ГПК (IOL-Master 500), тонометрия (iCare) с последующим сравнением до- и послеоперационных результатов.

Критерии включения: наличие некомпенсированной (несмотря на максимально переносимое медикаментозное лечение) глаукомы, готовность пациента соблюдать протокол исследования, возможность выполнения лазерной биометрии. Для пациентов в подгруппе Ahmed – утрата эффекта предшествующей гипотензивной операции, вторичная неоваскулярная глаукома.

Критерии исключения: отсутствие фиксации взора, изменения переднего отрезка (предшествующие рефракционные операции, помутнения роговицы), тяжелые интра- и послеоперационные осложнения (геморрагическая отслойка сосудистой оболочки).

Для оценки влияния глаукомного процесса на точность расчета ИОЛ и определения величины рефракционных поправок после гипотензивных операций был обследован 291 человек (104 мужчины и 187 женщин, средний возраст  $76,4 \pm 5,9$  лет) – вторая группа пациентов, которые были разделены на четыре подгруппы:

-1-я подгруппа: пациенты, ранее не получавшие местное, в том числе, гипотензивное лечение (121 человек, средний возраст  $76,2 \pm 8,3$  лет);

-2-я подгруппа: пациенты с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) на гипотензивной терапии (122 человека, средний возраст  $78,4 \pm 6,0$  лет);

-3-я подгруппа: пациенты с ПОУГ, которым для нормализации ВГД потребовалось выполнение синустрабекулэктомии (31 человек, средний возраст  $72,2 \pm 6,5$  лет);

-4-я подгруппа: пациенты с первичной закрытоугольной глаукомой на гипотензивной терапии (17 человек, средний возраст  $79,6 \pm 5,6$  лет).

В рамках стандартного предоперационного обследования пациентам выполнялась оптическая биометрия для измерения ПЗО и ГПК на аппарате IOL-Master 500. Оценивались показатели средней кератометрии на аппарате Topcon-8800, ВГД (iCare) до операции, а также ошибка расчета ИОЛ по формуле Barrett Universal II через 1 месяц после выполненной ФЭ.

Критерии включения: наличие катаракты, снижающей остроту зрения пациента, готовность последнего соблюдать протокол исследования, возможность выполнения лазерной биометрии.

Критерии исключения: отсутствие фиксации взора, изменения переднего отрезка (предшествующие рефракционные операции, помутнения роговицы), интраоперационные осложнения (разрыв задней капсулы, выпадение стекловидного тела, потребовавшее витрэктомии).

Гипотензивные вмешательства, а также ФЭ были выполнены одним хирургом (Б.Д.Ф.) с соблюдением стандартных протоколов.

В послеоперационном периоде назначались инстилляционные растворы фторхинолонового антибиотика и дексаметазона на 14 дней (после выполнения ФЭ) или на 1 месяц

(после гипотензивной операции). Пациенты с сопутствующей глаукомой продолжали дооперационную гипотензивную терапию.

#### Статистическая обработка

Было создано две (по числу сформированных групп пациентов) базы данных в программе Microsoft Excel. Статистическая обработка производилась в программе Jamovi (The jamovi project (2020). jamovi (Version 1.2) [Computer Software]). Использовались следующие статистические методики: критерий Шапиро-Уилка для проверки гипотезы о нормальном распределении выборки, парный t-тест (t-критерий Стьюдента), односторонний дисперсионный анализ (one-way ANOVA), непараметрический дисперсионный анализ (one-way ANOVA Kruskal-Wallis), коэффициент ранговой корреляции Спирмена, скорректированный коэффициент детерминации  $R^2$  при анализе линейной регрессии, бинарная логистическая регрессия с повторными измерениями. Различия при  $p < 0,05$  расценивались, как статистически значимые.

### РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности изменений ключевых биометрических параметров, используемых для расчета ИОЛ, после гипотензивных операций

#### Изменение преломляющей силы роговицы

Средняя преломляющая сила роговицы спустя полгода после выполнения СТЭ и установки шунта Ex-PRESS существенно не менялась. Имплантация клапана Ahmed приводила к статистически достоверному, однако, не выраженному уменьшению данного параметра через 6 месяцев после вмешательства (Таблица 1).

Точная оценка средней преломляющей силы роговицы важна для правильного расчета оптической силы ИОЛ, так как именно сферозэквивалент данного параметра используется калькуляторами в качестве одной из основных переменных. Возможность флуктуации рефракции роговой оболочки приводит к необходимости выполнения повторной биометрии после гипотензивного вмешательства если планируется выполнение последующей ФЭ.

Таблица 1 – Сравнение средней преломляющей силы роговицы до и после операции в исследуемых подгруппах первой группы пациентов

Под-группы	Параметр	До операции	Через 1 месяц	p <sup>1</sup>	Через 6 месяцев	p <sup>2</sup>
СТЭ	Средняя преломляющая сила роговицы, дптр	44,39 ± 1,13	44,55 ± 1,09	<0,001	44,52 ± 1,06	0,089
Ex-PRESS		44,63 ± 0,88	44,58 ± 0,95	0,596	44,59 ± 1,00	0,677
Ahmed		44,08 ± 1,06	43,99 ± 1,20	0,191	43,94 ± 1,21	0,023

<sup>1</sup> - разница значений до операции и спустя 1 месяц; <sup>2</sup> - разница значений до операции и спустя 6 месяцев

#### Динамика роговичного астигматизма

Несмотря на отсутствие выраженных изменений средней преломляющей силы роговицы, при оценке корнеального астигматизма его магнитуда, как и количество пациентов с астигматизмом свыше 1 дптр, в подгруппах СТЭ и Ex-PRESS спустя полгода были значимо больше, чем до операции. В подгруппе Ahmed данного явления не наблюдалось, по-видимому, из-за обстоятельства того, что многим пациентам клапан Ahmed имплантировался в связи с неэффективностью ранее выполненной СТЭ, что и было причиной большего по сравнению с другими подгруппами числа исследуемых с исходным роговичным астигматизмом свыше 1 дптр (Таблица 2).

Таким образом, по крайней мере каждый второй пациент после выполнения СТЭ и установки шунта Ex-PRESS является кандидатом на коррекцию астигматизма путем имплантации торической ИОЛ.

Таблица 2 – Число пациентов с уровнем роговичного астигматизма свыше 1 дптр до и после гипотензивных операций

Под-группа	Число пациентов с уровнем роговичного астигматизма более 1 дптр, абс. (%)				
	До операции	1 месяц	p <sup>1</sup>	6 месяцев	p <sup>2</sup>
СТЭ	40 (34)	70 (60)	<0,001	61 (52)	0,001
Ex-PRESS	11 (39)	19 (68)	0,03	20 (71)	0,01
Ahmed	25 (48)	25 (48)	0,989	25 (48)	0,956

<sup>1</sup> - разница значений до операции и спустя 1 месяц; <sup>2</sup> - разница значений до операции и спустя 6 месяцев

#### Векторный анализ роговичного астигматизма

Оценка роговичного астигматизма невозможна без анализа изменений его оси. С этой целью произведен векторный анализ данного параметра у пациентов первой группы (Таблица 3).

Таблица 3 – Изменение центроида и его оси до и после гипотензивных операций у пациентов первой группы

Под-группа	Параметр	До операции	1 месяц	6 месяцев
СТЭ	Центроид, дптр	0,06 ± 1,02	0,45 ± 1,39	0,27 ± 1,28
	Ось центроида, град	87	91	89
Ex-PRESS	Центроид, дптр	0,04 ± 1,14	0,21 ± 1,32	0,20 ± 1,29
	Ось центроида, град	66	54	65
Ahmed	Центроид, дптр	0,11 ± 1,20	0,24 ± 1,24	0,16 ± 1,23
	Ось центроида, град	47	66	73

Анализ полученных данных выявил тенденцию к увеличению магнитуды центроида, при совпадении его оси с прямым меридианом через месяц после СТЭ. Спустя полгода наблюдался некоторый регресс данных изменений, при сохранении направления оси.

У пациентов с установкой шунта Ex-PRESS через месяц также наблюдалось усиление магнитуды центроида, сопровождавшееся смещением направления его оси по меридиану  $54^\circ$ , что соответствует типу астигматизма с косыми осями. Спустя полгода после вмешательства модуль центроида изменился умеренно, однако, его ось сместилась практически к исходному положению, что в свою очередь соответствует прямому астигматизму.

Магнитуда центроида при имплантации клапана Ahmed колебалась меньше, чем в первых двух подгруппах. Какого-либо однозначного вектора направления оси роговичного астигматизма обнаружено не было.

Наиболее актуальна тема векторного анализа роговичного астигматизма у пациентов с артефакцией и уже имплантированной торической ИОЛ. Гипотензивная операция может сильно изменить, как магнитуду, так и ось роговичного астигматизма. Наиболее опасными клиническими ситуациями, сулящими реальную возможность изменения клинической рефракции пациента, являются: выполнение СТЭ, установки шунта Ex-PRESS и имплантации клапана Ahmed у пациентов с исходным обратным роговичным астигматизмом, а также у индивидов, имеющих астигматизм с косыми осями, которым планируется выполнение синустрабекулэктомии.

#### Изменение длины передне-задней оси

В ходе нашего исследования было выявлено достоверное уменьшение длины ПЗО на фоне уменьшения ВГД после СТЭ и установки Ex-PRESS, которое сохранялось даже спустя полгода после вмешательства. У пациентов с имплантированным клапаном Ahmed обнаружено незначимое укорочение аксиальной длины глаза (Таблица 4).

Таблица 4 – Сравнение средних значений длины ПЗО и ВГД у пациентов первой группы

Подгруппа	Параметр	До операции	1 месяц	p <sup>1</sup>	6 месяцев	p <sup>2</sup>
СТЭ	ПЗО, мм	23,28 ± 0,97	23,17 ± 0,97	<0,001	23,19 ± 0,97	<0,001
	ВГД, мм рт. ст.	25,4 ± 5,34	17,2 ± 4,42	<0,001	17,7 ± 3,42	<0,001
Ex-PRESS	ПЗО, мм	23,41 ± 0,96	23,31 ± 0,96	<0,001	23,33 ± 0,95	<0,001
	ВГД, мм рт. ст.	27,2 ± 2,41	15,7 ± 4,41	<0,001	15,9 ± 3,2	<0,001
Ahmed	ПЗО, мм	23,65 ± 1,27	23,59 ± 1,34	0,303	23,57 ± 1,34	0,155
	ВГД, мм рт. ст.	26,4 ± 3,92	14,7 ± 5,22	<0,001	16,1 ± 4,32	<0,001

<sup>1</sup> - разница значений до операции и спустя 1 месяц; <sup>2</sup> - разница значений до операции и спустя 6 месяцев

Очевидно, что флуктуация аксиальной длины глаза, обусловленная колебаниями ВГД после гипотензивных операций, может вносить значительные погрешности в расчет ИОЛ.

#### Изменение глубины передней камеры

Достоверных изменений ГПК после гипотензивных операций обнаружено не было, что, соответственно, не должно приводить к их существенному влиянию на ЭПЛ при расчете ИОЛ при планируемой факоэмульсификации.

Однако определенная тенденция к измельчению передней камеры на фоне снижения ВГД может приводить к смещению ЭПЛ кпереди и вызывать миопизацию конечной рефракции.

Влияние сопутствующей глаукомы на точность расчета ИОЛ у пациентов, нуждающихся в экстракции катаракты

Особенности кератометрических параметров у пациентов второй группы

Интересной находкой стала значимая ( $p = 0,002$ ) разница преломляющей силы роговицы (в 0,5 дптр) у пациентов без сопутствующей глаукомы (отсутствие постоянных инстилляций) и с ПОУГ (постоянное применение гипотензивных препаратов) ( $44,10 \pm 1,50$  против  $44,60 \pm 1,76$  дптр). Отмена инстилляций гипотензивных препаратов в связи с выполнением СТЭ ведет к незначительному ослаблению преломляющей силы роговицы (с  $44,60 \pm 1,76$  до  $44,1 \pm 1,59$  дптр) (Таблица 5).

Лечение ССГ лубрикантами является важным этапом предоперационной подготовки пациентов к ФЭ и приводит к значимым биометрическим изменениям: стабилизации повторяемости результатов кератометрии и кератотопографии, уменьшению иррегулярности глазной поверхности. Данный алгоритм особенно актуален для пациентов с сопутствующей глаукомой, так как постоянные инстилляций гипотензивных препаратов неминуемо приводят к возникновению или усилению уже имеющегося ССГ, который в свою очередь может приводить к изменению преломляющей силы роговицы.

Таблица 5 – Сравнение средних значений кератометрии у пациентов второй группы

Параметр	Без сопутствующей глаукомы	ПОУГ на медикаментозном лечении	После СТЭ	ПЗУГ на медикаментозном лечении	p
Кератометрия, дптр	$44,10 \pm 1,50$	$44,60 \pm 1,76$	$44,10 \pm 1,59$	$44,30 \pm 1,34$	0,027

Сравнение точности расчета ИОЛ и рефракционного результата у пациентов второй группы

Данные, полученные после ФЭ с имплантацией ИОЛ у пациентов второй группы, представлены в Таблице 6.

Обращает на себя внимание значимо бóльшая миопическая ошибка расчета ИОЛ у пациентов с ПЗУГ (на 0,6 дптр по сравнению с остальными подгруппами), которая, вероятно, обусловлена особенностями строения переднего отрезка глаза у данной категории пациентов: более «крутой» роговицей, меньшими параметрами ГПК и горизонтального диаметра роговицы. Парный статистический анализ выявил значимую разницу в ошибке расчета ИОЛ у пациентов с ПЗУГ по сравнению с остальными подгруппами.

Таблица 6 – Сравнение средних значений ошибки расчета ИОЛ и исходного ВГД у пациентов второй группы после ФЭ

Параметр	Подгруппы				p
	Без сопутствующей глаукомы	ПОУГ на медикаментозном лечении	После СТЭ	ПЗУГ на медикаментозном лечении	
Ошибка расчета ИОЛ, дптр	-0,06 ± 0,51	-0,06 ± 0,60	0,00 ± 0,61	-0,69 ± 1,01	0,011
Исходное ВГД, мм рт. ст.	19,83 ± 2,14	20,20 ± 2,01	18,50 ± 3,38	19,90 ± 3,34	0,065

Влияние исходного уровня ВГД на ошибку расчета

Уровень ВГД был сопоставим во всех подгруппах. Однако после СТЭ он был несколько ниже, чем у пациентов с ПОУГ на медикаментозном лечении (Таблица 6). Детальный анализ когорты пациентов после СТЭ при помощи метода линейной регрессии выявил значимое влияние исходного уровня ВГД на ошибку расчета ИОЛ в исследуемой подгруппе ( $R^2=0,526$ ,  $p < 0,001$ ).

На основании данной регрессии была выведена зависимость ожидаемой ошибки расчета ИОЛ от уровня исходного ВГД у пациентов после гипотензивных операций, которая рассчитывалась с помощью уравнения:

$$Y = KX + B, (1)$$

где  $Y$  – ожидаемая ошибка расчета ИОЛ (дптр);

$K$  – коэффициент регрессии;

$X$  – исходное ВГД (мм рт. ст.);

$B$  – интерсепт.

Полученные данные представлены в Таблице 7.

Таблица 7 – Ожидаемая ошибка расчета ИОЛ в зависимости от исходного ВГД у пациентов после СТЭ

Исходное ВГД, мм рт. ст.	Ожидаемая ошибка расчета ИОЛ, дптр	Коэффициент регрессии	Интерсепт
12	-0,86	0,134	-2,47
13	-0,73	0,134	-2,47
14	-0,59	0,134	-2,47
15	-0,46	0,134	-2,47
16	-0,33	0,134	-2,47
17	-0,19	0,134	-2,47
18	-0,06	0,134	-2,47
19	0,08	0,134	-2,47
20	0,21	0,134	-2,47
21	0,34	0,134	-2,47
22	0,48	0,134	-2,47
23	0,61	0,134	-2,47
24	0,75	0,134	-2,47
25	0,88	0,134	-2,47

## ВЫВОДЫ

1. Обусловленное гипотензивными операциями (СТЭ, установкой шунта Ex-PRESS и имплантацией клапана Ahmed) снижение внутриглазного давления приводит к укорочению аксиальной длины глаза.
2. Синустрабекулэктомия и установка шунта Ex-PRESS (в отличие от установки клапана Ahmed) существенно увеличивают встречаемость роговичного астигматизма, в том числе, превышающего 1 дптр.
3. Воздействие постоянных инстилляций гипотензивных препаратов на слезную пленку приводит к заметному увеличению преломляющей силы роговицы.
4. Поправки к расчету ИОЛ у пациентов с предшествующей факоэмульсификации гипотензивной операцией определяются уровнем достигнутого офтальмотонуса.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Индукция роговичного астигматизма после СТЭ и установки шунта Ex-PRESS снижает НКОЗ, что приводит к необходимости подбора новых корректирующих очков. Учитывая перманентный характер изменений, большая часть пациентов после данных операций являются кандидатами на коррекцию астигматизма с помощью торических ИОЛ.
2. Придавать особое внимание пациентам с исходной торической артификацией и дооперационным обратным роговичным астигматизмом, если им планируется СТЭ, установка шунта Ex-PRESS и имплантация клапана Ahmed, а также индивидам с астигматизмом с косыми осями, идущим на СТЭ, так как выполнение гипотензивной операции может изменить их клиническую рефракцию за счет изменения магнитуды и оси роговичного астигматизма. Наиболее предпочтительным и оказывающим минимальное влияние на индукцию роговичного астигматизма гипотензивным вмешательством у данной категории пациентов следует считать установку шунта Ex-PRESS.

3. Учитывая наличие биометрических изменений после гипотензивных операций, расчет ИОЛ у таких пациентов рекомендуется проводить спустя полгода после вмешательства для предупреждения рефракционных ошибок.
4. Во избежание получения миопической ошибки расчета ИОЛ у пациентов с ПЗУГ рефракцией цели должна быть исключительно эмметропия или даже слабая гиперметропия.
5. Учитывая изменения преломляющей силы роговицы на фоне постоянных инстилляций гипотензивных препаратов, таким пациентам рекомендуется назначать лубрикант минимум за месяц до планируемой биометрии с целью нормализации состояния слезной пленки.
6. Увеличенная преломляющая сила роговицы на фоне постоянных инстилляций гипотензивных препаратов при их отмене и нормализации состояния прероговичной слезной пленки может приводить к погрешностям расчета ИОЛ (гиперметропизации послеоперационной рефракции).
7. Во избежание рефракционных ошибок у пациентов с предшествующей гипотензивной операцией в результаты расчета ИОЛ должны быть внесены поправки, учитывающие исходное ВГД.

#### СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Белов, Д.Ф. Изменение биометрических параметров глаза после гипотензивных операций / Д.Ф. Белов, В.П. Николаенко // Национальный журнал глаукома. – 2020. – Том.19. – №3. С.35–41.
2. Белов, Д.Ф. Влияние гипотензивных операций на кератометрические параметры / Д.Ф. Белов, В.П. Николаенко // Национальный журнал глаукома. – 2020. – Том.19. – №3. С.59–65.
3. Белов, Д.Ф. Влияние сопутствующей глаукомы на точность расчёта интраокулярных линз / Д.Ф. Белов, В.П. Николаенко // Офтальмологические ведомости. – 2020. – Т. 13. – № 1. – С. 5–9.

4. Белов, Д.Ф. Влияние инстилляций гипотензивных препаратов на преломляющую силу роговицы / Д.Ф. Белов, В.П. Николаенко // **Офтальмология.** – 2020. – Том.17. – №3. С.490–494.
5. Белов, Д.Ф. Сравнение результатов расчёта интраокулярных линз до и после гипотензивных операций / Д.Ф. Белов, В.П. Николаенко // **Офтальмологические ведомости.** – 2020. – Т. 13. – № 4. С.15–20.
6. Belov, D. The influence of the trabeculectomy on the corneal astigmatism and axial length / D. Belov, V. Nikolaenko // 7<sup>th</sup> WORLD GLAUCOMA CONGRESS HELSINKI, JUNE 28–JULY 1, 2017. Abstract book. P721.
7. Belov, D. Refractive and biometric changes after Ahmed valve implantation / D. Belov // **ES Ophthalmology.** – 2020. – Vol.11. – №2. P.01–05.
8. Белов, Д.Ф. Влияние синустрабекулэктомии на роговичный астигматизм и преломляющую силу роговицы / Д.Ф. Белов // VI МЕЖДУНАРОДНЫЙ МОЛОДЕЖНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ КОНГРЕСС «Санкт-Петербургские научные чтения – 2015». С.254.
9. Белов, Д.Ф. Изменение рефракции после синустрабекулэктомии, как косвенный признак подвывиха хрусталика. XIX Международная медико-биологическая конференция молодых исследователей «Фундаментальная наука и клиническая медицина — человек и его здоровье» 23 апреля 2016 года Санкт-Петербургский государственный университет. С.71.
10. Белов, Д.Ф. Влияние синустрабекулэктомии на оптические параметры роговицы и остроту зрения / Д.Ф. Белов, В.П. Николаенко // IX Российская глаукомная школа и конференция «Глаукома: теория и практика. Горизонты нейропротекции, 25-26 февраля 2016 года, Санкт-Петербург [электронное издание]: сборник статей / под общей редакцией В.Н. Алексева, В.И. Саидова. – СПб.: Альта Астра, 2016. – 1 электрон, опт. Диск (CD-ROM). С.24–26.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АМ –  $\alpha_2$ -адреномиметики

ББ – бета-блокатор

ВГД – внутриглазное давление

ГПК – глубина передней камеры

ИКА – ингибиторы карбоангидразы

ИОЛ – интраокулярная линза

МКОЗ – максимальная корригированная острота зрения

НКОЗ – некорригированная острота зрения

ОЗ – острота зрения

ПГ – аналоги простагландинов

ПЗО – передне-задняя ось

ПЗУГ – первичная закрытоугольная глаукома

ПОУГ – первичная открытоугольная глаукома

ССГ – синдром «сухого» глаза

СТЭ – синустрабекулэктомия

СЭ – сферозэквивалент

ФЭ – факоэмульсификация

ЭПЛ – эффективное положение линзы