

На правах рукописи

Лих Иван Александрович

**РАСЧЕТ ИОЛ ПРИ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ КАТАРАКТЫ
У ПАЦИЕНТОВ С АКСИАЛЬНОЙ ДЛИНОЙ ГЛАЗА МЕНЕЕ 22,0мм**

3.1.5. Офтальмология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Москва – 2022

Работа выполнена на кафедре офтальмологии Академии постдипломного образования Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства» (ФГБУ ФНКЦ ФМБА России), г. Москва.

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, доцент

Пашинова Надежда Федоровна

Официальные оппоненты:

Егорова Елена Владиленовна, доктор медицинских наук, заместитель директора по лечебной работе Федерального государственного автономного учреждения Национального медицинского исследовательского центра Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургии глаза» имени академика С.Н.Федорова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Новосибирский филиал), г.Новосибирск.

Анисимова Светлана Юрьевна, доктор медицинских наук, профессор, главный врач ООО Глазной центр «Восток-Прозрение», г.Москва.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт глазных болезней», г.Москва.

Защита состоится «_____» _____ 2022 г. в _____ ч. на заседании диссертационного совета 68.1.010.01 при ФГБУ ФНКЦ ФМБА России по адресу: 125371, Москва, Волоколамское шоссе, д. 91.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Академии постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА по адресу: 125371, Москва, Волоколамское шоссе, д. 91 и на сайте диссертационного совета <http://medprofedu.ru>

Автореферат разослан «_____» _____ 2022 г.

Ученый секретарь диссертационного совета

доктор медицинских наук, профессор

Овечкин И.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность и степень разработанности темы

Несмотря на достижения современной офтальмологии в хирургии хрусталика глаза, позволяющей достигать запланированную рефракцию в диапазоне $\pm 0,5$ дптр в 80-90% случаев (Roberts T.V., 2018; Melles R.B., 2018), остаются сложности в достижении высокого зрительно-функционального результата у пациентов с «коротким» глазом после экстракции хрусталика (Hoffer K.J., 2017; Захарова И.А., 2019; Shrivastava A.K., 2019).

«Короткий» глаз (аксиальная длина менее 22,0 мм), всегда ассоциируется с высоким риском ошибки выбора оптической силы интраокулярной линзы (ИОЛ), большим разбросом результирующих значений силы ИОЛ и невысоким процентом достижения рефракции цели вследствие того, что уменьшение передне-заднего размера глаза вызывает значительные погрешности в существующих на сегодняшний день алгоритмах расчета ИОЛ (Wang Q., 2017; Батьков, Е.Н., 2019). Кроме того, применительно к «коротким» глазам в целях минимизации отклонения от рефракции «цели» необходим (в сравнении со «стандартными» глазами) всесторонний анализ различных анатомических показателей (Eom Y., 2014; Shrivastava A.K., 2019; Omoto M.K., 2020). Наряду с этим, сложность составляет и анализ массива данных расчета ИОЛ в «коротких» глазах, так как распространенность глаз с аксиальной длиной менее 22,00 мм в популяции невелика (Day A.C., 2013).

Существующие методы оптимизации определения силы ИОЛ не в полной мере увеличивают качество и точность расчета ИОЛ при уменьшении передне-заднего размера глаза (Charalampidou S., 2010; Hoffman R.S., 2015; Turnbull A.M.J., 2019). Тем не менее, появление новых алгоритмов расчета оптической силы ИОЛ требует проведение постоянного сравнительного анализа для определения точности отдельных формул (Cooke D.L., 2016; Connell B.J., 2019).

Необходимо учитывать и анатомо-топографические особенности строения «коротких» глаз, что также вызывает сложность при выполнении экстракции хрусталика и, несмотря на широкое внедрение в практику офтальмохирурга метода факоэмульсификации, позволившего снизить уровень осложнений хирургии «коротких» глаз (пролапс радужной оболочки, экспульсивное кровотечение, кистозный макулярный отек, дефект связок хрусталика, хориоидальная эффузия, отслойка сетчатки, увеит и ряда других), стандартные методики оперативного вмешательства не в полном объеме обеспечивают требуемый уровень безопасного выполнения операции (Jung K.I., 2012; Hoffman R.S., 2015; Заболотный А.Г., 2016).

Таким образом, представленные в литературе данные не позволяют в полной мере сформировать клинические рекомендации для методики определения оптической силы ИОЛ при факоэмульсификации хрусталика (или рефракционной лентэктомии) на «коротких» глазах

в зависимости от различных анатомических показателей глаза и определить наиболее безопасную методику факоэмульсификации с учетом анатомо-морфологических особенностей «короткого» глаза.

Цель работы

Повышение клинической эффективности методики расчета оптической силы ИОЛ и хирургической техники факоэмульсификации у пациентов с аксиальной длиной глаза менее 22,0 мм.

Основные задачи работы:

1. Провести (после факоэмульсификации катаракты и рефракционной ленсэктомии с имплантацией ИОЛ) сравнительный анализ точности расчета оптической силы ИОЛ у пациентов с аксиальной длиной от 20,0 мм до 22,0 мм глазом и средней длиной глаза (22,0-24,0 мм) на основе использования формул: SRK/T, Hoffer-Q, Holladay II, Olsen, Haigis, Barrett Universal II, Kane.
2. Определить (после факоэмульсификации катаракты и рефракционной ленсэктомии с имплантацией ИОЛ) точность расчета оптической силы ИОЛ у пациентов с «коротким» (менее 20,0 мм) на основе использования формул: SRK/T, Hoffer-Q, Holladay II, Olsen, Haigis, Barrett Universal II, Kane.
3. Исследовать особенности расчета оптической силы ИОЛ у пациентов с «короткой» передне-задней осью глаза в зависимости от толщины хрусталика и диаметра роговицы.
4. Оценить влияние глубины передней камеры глаза на точность расчета оптической силы ИОЛ у пациентов с «короткой» передне-задней осью глаза в зависимости от используемой формулы.
5. Провести анализ влияния показателей кератометрии на эффективность расчета оптической силы ИОЛ у пациентов с «короткой» передне-задней осью глаза в зависимости от используемой формулы.
6. Определить эффективность хирургической техники «Бури и Ломай» при факоэмульсификации хрусталика у пациентов с «коротким» глазом.

Основные положения, выносимые на защиту диссертационной работы

1. Достижение требуемой рефракции «цели» ($\pm 0,5$ дптр) после факоэмульсификации катаракты (или рефракционной ленсэктомии) с имплантацией ИОЛ при аксиальной длине глаза в диапазонах 20,0-22,0 мм и менее 20,0 мм (при глубине передней камеры глаза более 2,9 мм и кривизне роговицы 44,0-46,0 дптр) обеспечивается применением формул Haigis, Kane и Hoffer Q, Kane, Barrett Universal II соответственно, что подтверждается (в отличие от формул SRK/T, Holladay II, Olsen) наименьшей величиной средней абсолютной погрешности (разница между

фактическим и прогнозируемым послеоперационным (6 месяцев) значением сферического эквивалента), а также высокой вероятностью достижения запланированной рефракции.

2. Ведущими факторами, оказывающими существенное влияние на точность расчета оптической силы ИОЛ с аксиальной длиной глаза менее 22,0 мм, являются глубина передней камеры глаза (2,5-2,9 мм), что подтверждается статистически значимой корреляцией между данным показателем и снижением вероятности достижения рефракции «цели» применительно ко всем оцениваемым формулам расчета оптической силы ИОЛ, а также величина кривизны роговицы (менее 44,0 дптр и более 46,0 дптр), при которой наиболее эффективно использование формул Barrett Universal II и Kane.

3. Факоэмульсификация хрусталика (или рефракционная ленсэктомия) по методике «Бури и Ломай» на глазах с аксиальной длиной глаза менее 22,0 мм обеспечивает значительное снижение интраоперационных и послеоперационных осложнений, что доказывается полученными результатами оперативного вмешательства.

Научная новизна работы

Впервые в офтальмологической практике определена клиническая эффективность применения формул Barrett Universal II и Kane для расчета оптической силы ИОЛ у пациентов с аксиальной длиной глаза менее 20,0 мм.

Определено, что у пациентов с аксиальной длиной глаза менее 20,0 мм использование формулы Kane, Hoffer Q и Barrett Universal II обеспечивают в 71,2%, 65,4% и 61,5%, соответственно, уровень достижения рефракции цели в пределах $\pm 0,5$ дптр.

Установлено, что у пациентов с аксиальной длиной менее 22,0 мм и глубиной передней камеры глаза 2,5-2,9 мм, использование формул Haigis и Kane позволило достигать рефракции $\pm 0,5$ дптр в 67,3% и 65,3% случаев, соответственно.

Выявлена сходная клиническая эффективность применения для расчета оптической силы ИОЛ формул SRK/T, Kane, Hoffer-Q, Holladay II, Haigis, Olsen и Barrett Universal II у пациентов с аксиальной длиной глаза 22,0 – 24,0 мм.

Впервые проведен сравнительный анализ эффективности формул для расчета ИОЛ на «коротких» глазах в зависимости от данных кератометрии. Показано, что значения показателей менее 44,00 дптр и более 46,00 дптр ассоциированы с меньшей частотой попадания в «целевую» рефракцию на «коротких» глазах, при этом лучшие результаты определены при использовании формул Barrett Universal II и Kane.

Установлено отсутствие значимой связи эффективности расчета ИОЛ на «коротких» глазах с использованием формул SRK/T, Kane, Hoffer-Q, Holladay II, Haigis, Olsen и Barrett Universal II при различных показателях толщины хрусталика и диаметра роговицы.

Определена клиническая эффективность методики факоэмульсификации хрусталика «Бури и Ломай» на глазах с аксиальной длиной менее 22,0 мм.

Теоретическая значимость работы состоит в обосновании возможности применения формул Barrett Universal II, Kane и Hoffer Q для расчета оптической силы ИОЛ у пациентов с «коротким» глазом, а также техники факоэмульсификации хрусталика по методу «Бури и Ломай» на глазах с аксиальной длиной глаза менее 22,0 мм.

Практическая значимость работы заключается в разработке практических рекомендаций по расчету оптической силы ИОЛ по формулам SRK/T, Hoffer-Q, Holladay II, Haigis, Olsen, Barrett Universal II и Kane в зависимости от аксиальной длины глаза (22,0 - 24,0 мм, 20,0 – 22,0 мм, и менее 20,0 мм), глубины передней камеры и кератометрии.

Методология и методы исследования

В работе использовался комплексный подход к оценке результатов применения разработанных подходов к расчетам оптической силы ИОЛ, основанный на применении комплекса клинических и биометрических показателей зрительной системы.

Степень достоверности результатов

Степень достоверности результатов исследования основывается на адекватных и апробированных методах сбора клинического материала, всего обследовано 134 пациента (199 глаз), а также применении современных методов статистической обработки с использованием параметрической статистики.

Внедрение работы

Результаты диссертационной работы включены в материалы сертификационного цикла и цикла профессиональной переподготовки кафедры офтальмологии Академии постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России и в клиническую практику сети офтальмологических клиник «Эксимер».

Апробация и публикация материалов исследования

Основные положения работы доложены и обсуждены на всероссийской офтальмологической научно-практической конференции (Оренбург, 2020), ежегодном конгрессе европейского общества катарактальных и рефракционных хирургов ESCRS (Virtual meeting, Амстердам, 2020), научно-практической конференции «Инновационные технологии в офтальмологии», посвящённой 130-летию кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России (Томск, 2021).

Диссертация апробирована на кафедре офтальмологии Академии постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России (15.06.2022г.).

Материалы диссертации представлены в 11-и научных работах, в том числе в 6-ти статьях, опубликованных в определенных ВАК РФ ведущих рецензируемых научных журналах.

Структура диссертации

Материал диссертации изложен на 119 страницах машинописного текста. Диссертация состоит из введения, трех глав («Обзор литературы», «Материал и методы исследования», «Результаты исследования и их обсуждение»), заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и списка литературы. Работа содержит 20 таблиц и 16 рисунков. Список литературы включает 192 источника (47 отечественных и 145 зарубежных авторов).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материал и методы исследования

Под наблюдением находилось 134 пациента (199 глаз), которым была выполнена факоэмульсификация катаракты или рефракционная лenseктомия с имплантацией ИОЛ в офтальмологических клиниках «Эксимер». Средний возраст пациентов составил $61,3 \pm 5,6$ лет (от 27 до 88) лет. В общей группе пациентов женщины составили 57,5% (n=77), мужчины - 42,5% (n=57). Комплексное предоперационное обследование включало в себя авторефрактометрию (NIDEK Tonoref III, Nidek Co.Ltd., Япония), определение максимальной не скорректированной и максимальной скорректированной остроты зрения, пневмотонометрию (NIDEK Tonoref III, Nidek Co.Ltd., Япония), при необходимости контрольное измерение внутриглазного давления по Маклакову, компьютерную периметрию (OPTOPOL PTS-1000, OPTOPOL Technology S.A., Польша), кератометрию (NIDEK Tonoref III, Nidek Co.Ltd., Япония), А-В-ультразвуковое сканирование (А-В NIDEK US-4000, Nidek Co.Ltd., Япония), кератотопографию (SIRIUS, C.S.O., Италия), эндотелиальную микроскопию (TOMEY EM-300, TOMEY, Япония), оптическую когерентную биометрию с определением аксиальной длины глаза, кривизны роговицы, пахиметрии, глубины передней камеры, толщины хрусталика, показателя от «белого до белого» (Haag Streit Lenstar LS900, Haag-Strait AG, Швейцария), (ZEISS IOL Master 500, CARL Zeiss, Германия), офтальмоскопию в условиях миопии с использованием высокодиоптрийных линз 70D и 90D, оптическую когерентную томографию (RTVue XR 100-2, Optovue Inc., США). При необходимости имплантации торических моделей ИОЛ использовались данные оптической биометрии, кератотопографа, кератометрического показателя авторефрактометра с дальнейшим расчетом торической силы ИОЛ при помощи программного обеспечения компании производителя в сети интернет.

Операцию экстракции хрусталика проводили методом факоэмульсификации с использованием микрохирургической системы Stellaris PC (Bausch and Lomb, США). Настройки прибора: высота бутылки – 100-120 см, ультразвук в пульсовом режиме, мощность ультразвука -

30%, вакуум – 500 мм.рт.ст. Техника операции «Бури и Ломай» состояла в следующем: после выполнения эпibuльбарной (топической) анестезии, кератомом выполняли предварительный разрез наружного лимба с темпоральной стороны на глубину 150-200 мкм шириной 1,8 - 2,0 мм под углом $30-45^{\circ}$, далее выполняли тоннельный разрез параллельно поверхности роговицы на глубине 200-300 мкм шириной 1,8 – 2,5 мм, после чего изменяли угол атаки под 45° и перфориовали переднюю камеру. Два парацентеза 1,2 мм на 3-х и 8-и часах для правого глаза и на 9-и и 5-и часах для левого. После вводили раствор анестетика и раствор мезатона 10,0 мг в полость передней камеры глаза через парацентез. Адгезивным вискоэластиком заполняли 60-70 % объема передней камеры и остаточный объем восполняли когезивным вискоэластиком (методика «Soft shell»). Капсульным пинцетом формировали непрерывный капсулорексис диаметром 4,0-5,0 мм. Гидродиссекцию и гидродилиниацию осуществляли дозированно через основной разрез и парацентезы, периодически восполняя объем передней камеры когезивным вискоэластиком. Факоиглу вводили в переднюю камеру срезом вниз, в режиме аспирации-ирригации удаляли эпинуклеус и экваториальные хрусталиковые массы. Факоиглу подводили к верхнему полюсу ядра хрусталика отверстием вниз и на максимальном вакууме и минимальном ультразвуке проникали на глубину 1,5-2,0 мм, постепенно уменьшая ультразвук, оставляя максимальный вакуум. Далее факонаконечник с фиксированным на нем ядром хрусталика смещали в сторону основного (темпорального) разреза, приподнимая экватор ядра с противоположной (назальной) стороны. Факошпателем по Коху через противоположный парацентез смещали передний капсулорексис с носовой стороны, заводя рабочий край инструмента к нижнему полюсу ядра хрусталика. Формирование разлома осуществляли за счет движения инструментов на встречу друг другу в сагитальной плоскости и далее разводили половины ядра движением во фронтальной плоскости друг от друга. Последовательно поворачивали хрусталик, формируя указанным методом разделение ядра на несколько сегментов, удаляя каждый сегмент в плоскости зрачка. Бимануальная аспирация-ирригация, имплантация интраокулярной линзы, герметизация разрезов не отличались от стандартной технологии.

Под наблюдением находилось 134 пациента (199 глаз), разделенных на следующие группы.

Группу I составили пациенты с аксиальной длиной глаза от 18,54 мм до 20,0 мм ($19,6 \pm 0,42$ мм). В нее вошли 30 пациентов (52 глаза), которым была выполнена факоэмульсификация катаракты или рефракционная лenseктомия с имплантацией ИОЛ с рефракционной целью. Рефракционная лenseктомия была выполнена в 40,3% ($n=21$) случаев, в 59,7% ($n=31$) – факоэмульсификация катаракты. Женщины составили 56,7% ($n=17$), мужчины 43,3% ($n=13$). Средний возраст пациентов составил $58,9 \pm 13,8$ (27-80) лет.

В **группу II** включены пациенты с аксиальной длиной глаза от 20,02 мм до 21,98 мм ($21,17 \pm 0,56$ мм), общее количество пациентов составило 56 (81 глаз).

Группу III (сравнения) составили 48 пациентов (66 глаз) со средней аксиальной длиной глаза $22,75 \pm 0,46$ ($22,0 - 23,77$ мм). Средний возраст пациентов составил $68,6 \pm 9,7$ от 33 до 84 лет. Женщины составили 60,4% ($n=29$), мужчины – 39,6% ($n=19$). Рефракционная ленсэктомия была выполнена в 13,6% ($n=9$) случаев, в 86,4% ($n=57$) – факоэмульсификация катаракты.

С целью оценить влияние глубины передней камеры глаза на точность расчета оптической силы ИОЛ на глазах с «короткой» аксиальной длиной (менее 22,0 мм), сформирована **группа IV**, куда были включены исследуемые случаи групп I и II. Общее количество пациентов составило 86 (133 глаз) с передне-задней осью глаза от 18,54 мм до 21,98 мм ($20,7 \pm 0,9$ мм). Женщины составили 55,8% ($n=48$), мужчины - 44,2% ($n=38$). Возрастной диапазон варьировал от 27 до 88 ($61,0 \pm 13,8$) лет. Группа IV разделена на подгруппы согласно величине глубины передней камеры глаза (ГПК). **Подгруппу IVa** ($n=40$) составили пациенты с ГПК менее 2,5 мм. В **подгруппу IVb** ($n=49$) включены пациенты с ГПК от 2,5 до 2,9 мм. В **подгруппу IVc** ($n=44$) вошли пациенты с ГПК более 2,9 мм.

Для оценки влияния кривизны роговицы на точность расчета оптической силы ИОЛ на глазах с аксиальной длиной менее 22,0 мм создана **группа V**, куда были включены пациенты из групп I и II. Общее количество пациентов составило 86 (133 глаз) с передне-задней осью глаза от 18,54 мм до 21,98 мм ($20,7 \pm 0,9$ мм). Женщины составили 55,8% ($n=48$), мужчины 44,2% ($n=38$). Возрастной диапазон варьировал от 27 до 88 ($61,0 \pm 13,8$ лет). Разделение на подгруппы проводили согласно средним значениям кривизны роговицы ($(K1+K2)/2 = K_{cp}$). В **подгруппу Va** ($n=36$) вошли пациенты с K_{cp} менее 44,00 дптр, в **подгруппу Vb** ($n=60$) – от 44,00 до 46,00 дптр и в **подгруппу Vc** – более 46,00 дптр ($n=37$).

Расчет оптической силы ИОЛ проводили по формуле SRK/T, ретроспективное сравнение – по формулам Hoffer-Q, Holladay II, Olsen, Haigis, Barrett Universal II и Kane. Точность каждой из формул рассчитывали, сравнивая различие между целевым и расчетным SE (в идеале равно нулю) через 6 месяцев после хирургического вмешательства. Анализ проводили с помощью программного обеспечения системы VERION© (Alcon, США) и открытых данных на сайтах исследуемых формул.

Статистическая обработка результатов исследования выполнена с использованием приложения Microsoft Excel 2010 и статистической программы Statistica 10.1 («StatSoft», США). Проведен расчет среднего арифметического значения (M), стандартного отклонения от среднего арифметического значения ($\pm SD$), минимальных (min) и максимальных (max) значений, размаха вариации R_v (разность $max - min$). Для оценки достоверности полученных результатов при сравнении средних показателей использовался t - критерий Стьюдента. При

сравнении частот встречаемости признака использовался точный критерий Фишера. Различия между выборками считали достоверными при $p < 0,05$, доверительный интервал 95%. Отклонение расчетного значения сферического эквивалента от целевого определяли с помощью дисперсионного анализа (ANOVA) и регрессионного анализа, при этом проводили ретроспективное сравнение отклонения сферического эквивалента при использовании различных формул для расчета ИОЛ. Для оценки различий средних погрешностей применяли тест Kruskal Wallis. Погрешность оценки (E) определяли, как разницу между фактической послеоперационной SE в течение шести месяцев наблюдения и прогнозируемой послеоперационной SE. Абсолютную погрешность (AE) определяли как абсолютное значение E. Среднее значение AE рассчитывали для каждой формулы. Различия в средней AE для шести формул были проанализированы, кроме того, оценивали частоту AE в пределах $\pm 0,50$ и $\pm 1,0$ дптр для каждой формулы. Для группы IV также был выполнен расчет, включавший: среднюю числовую погрешность (MNE), среднюю (MAE) и медианную (MedAE) абсолютную погрешность рассчитывали для каждой формулы. Отдельно оценивали частоту MNE в пределах $\pm 0,25$, $\pm 0,50$, $\pm 1,0$ и $\pm 2,0$ дптр для каждой формулы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ точности формул расчета ИОЛ на глазах с аксиальной длиной менее 20,0 мм

В группе I максимальная средняя погрешность оценки определена для формулы Haigis ($0,88 \pm 0,35$), далее для формулы Olsen, Barrett Universal II, Kane, SRK/T, Holladay 2 и Hoffer-Q ($0,51 \pm 0,12$, $0,16 \pm 0,38$, $0,13 \pm 0,28$, $0,10 \pm 0,59$, $0,05 \pm 0,54$ и $-0,12 \pm 0,42$, соответственно). Схожие данные получены и для средней абсолютной погрешности – для формул Haigis, Olsen, Barrett Universal II, SRK/T, Holladay 2, Hoffer-Q и Kane она составила $0,85 \pm 0,31$, $0,78 \pm 0,25$, $0,21 \pm 0,10$, $0,79 \pm 0,23$, $0,73 \pm 0,24$, $0,19 \pm 0,08$ и $0,17 \pm 0,06$, соответственно, что свидетельствует о преимуществе формул Hoffer-Q, Barrett Universal II и Kane при расчете оптической силы монофокальных ИОЛ у пациентов с аксиальной длиной глаза менее 20,0 мм (рисунок 1). Частота абсолютной погрешности в пределах $\pm 0,50$ дптр для формул Holladay 2, Hoffer-Q, Haigis, SRK/T, Olsen, Barrett Universal II и Kane составил 23,1%, 65,4%, 19,2%, 26,9%, 34,6%, 61,5% и 71,2%, соответственно, (рисунок 2) в пределах $\pm 1,00$ дптр – 86,5%, 98,1%, 82,7%, 92,3%, 88,5% и 96,2% и 100%, соответственно (рисунок 3).

В отличие от группы I, в группе III для формул Holladay 2, Hoffer-Q, Haigis, SRK/T, Olsen, Barrett Universal II и Kane получены сопоставимые значения средней погрешности оценки ($0,10 \pm 0,12$, $0,08 \pm 0,19$, $0,02 \pm 0,05$, $0,13 \pm 0,09$, $0,11 \pm 0,04$, $0,06 \pm 0,10$ и $0,04 \pm 0,07$, соответственно). Схожие данные определены и для средней абсолютной погрешности ($0,23 \pm 0,09$, $0,29 \pm 0,13$, $0,15 \pm 0,06$, $0,19 \pm 0,12$, $0,16 \pm 0,04$, $0,12 \pm 0,08$ и $0,10 \pm 0,06$, соответственно)

(рисунок 1), что свидетельствует о сопоставимой эффективности всех исследуемых формул для расчета оптической силы ИОЛ у пациентов с нормальной аксиальной длиной. Частота абсолютной погрешности (AE) в пределах $\pm 0,50$ дптр для формул Holladay 2, Hoffer-Q, Haigis, SRK/T, Olsen, Barrett Universal II и Kane составил 100%, 97%, 100%, 100%, 100%, 100% и 100%, соответственно (рисунок 2), в пределах $\pm 1,00$ дптр – 100% для всех исследуемых формул.

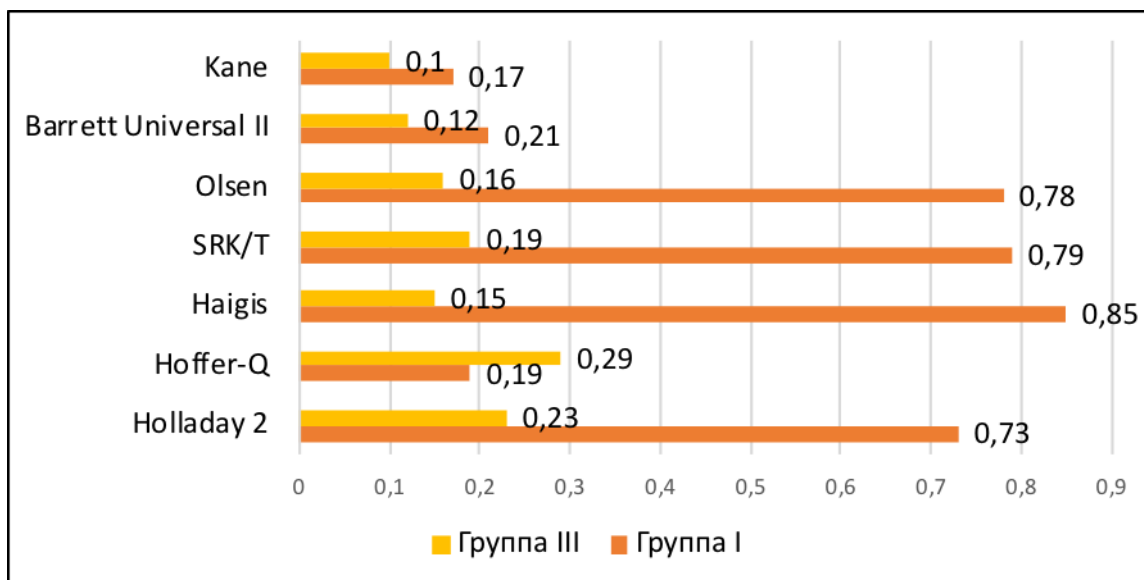


Рисунок 1 – Сравнение значений средней абсолютной погрешности для семи используемых формул в группах I и III

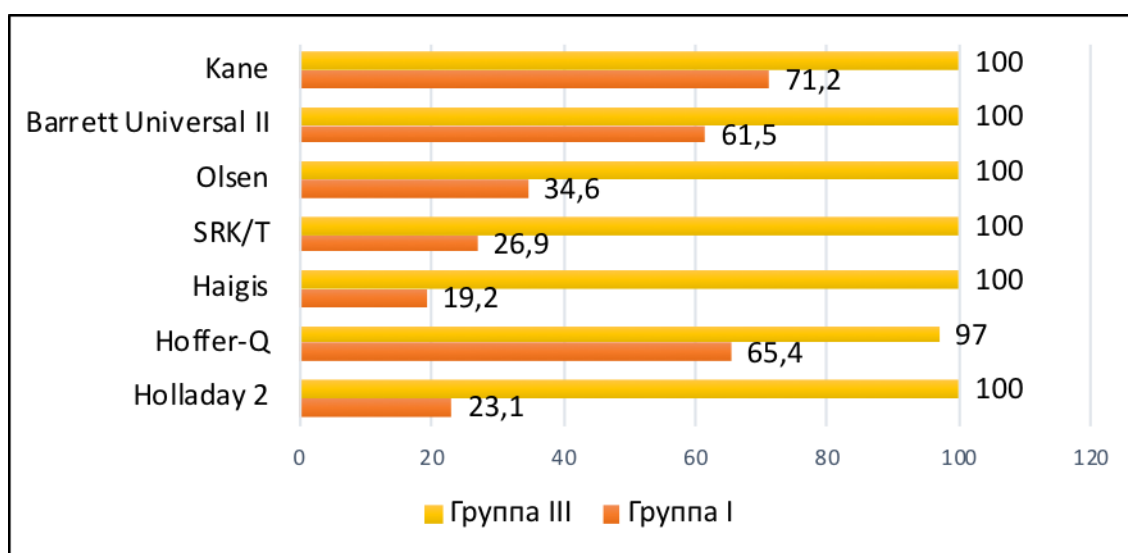


Рисунок 2 – Частота абсолютной погрешности в пределах $\pm 0,5$ дптр, в проценте от общего количества глаз в группах I и III

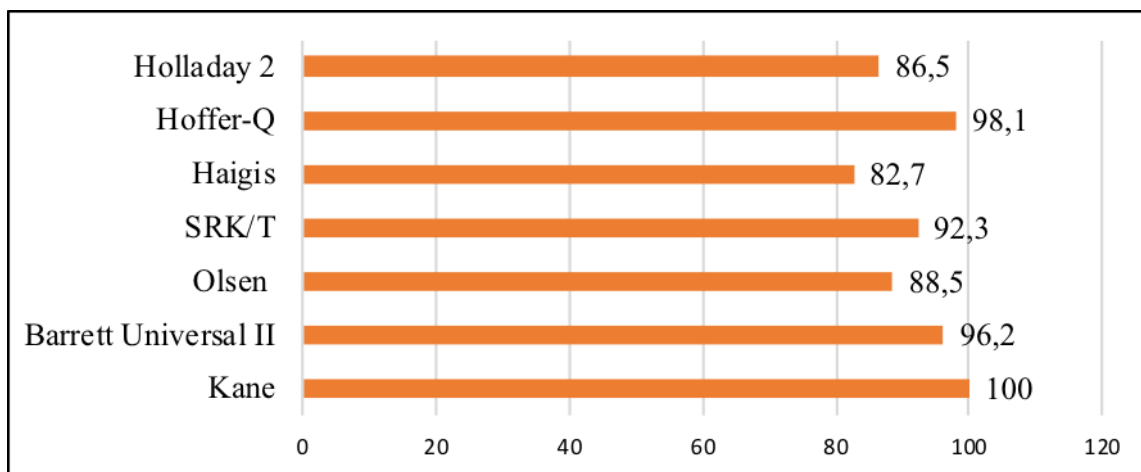


Рисунок 3 – Частота абсолютной погрешности в пределах $\pm 1,0$ дптр, в проценте от общего количества глаз в группе I

При попарном анализе формул значимые различия выявлены для формул Hoffer-Q, Barrett Universal II и Kane в сравнении с формулами Haigis, Olsen, SRK/T и Holladay II ($p < 0,05$) во всех случаях, соответственно, что свидетельствует о преимуществе указанных формул для группы пациентов с длиной глаза менее 20,0 мм. Вместе с тем применение других указанных формул также не приводило к значимой абсолютной ошибке. При проведении попарного анализа значимых различий между исследуемыми формулами в группе III не выявлено. Проведен анализ средних значений диаметра роговицы (white-to-white) и толщины хрусталика в дооперационном периоде между группами. Статистически значимых различий между группами не выявлено. В группе I диаметр роговицы составил $11,38 \pm 0,40$ мкм, в группе III - $11,81 \pm 0,41$ мкм ($p > 0,05$). Отсутствие значимых различий показано и для толщины хрусталика. Так, в группе I данный параметр составил $4,69 \pm 0,22$ мм, а в группе III – $4,61 \pm 0,33$ мкм ($p > 0,05$).

Анализ точности формул расчета ИОЛ на глазах с аксиальной длиной от 20,0 до 22,0 мм

Группа характеризовалась статистически незначимыми ($p > 0,05$) различиями в средней погрешности оценки для формул Holladay 2, Hoffer-Q, SRK/T, Olsen, Barrett Universal II и Kane ($0,19 \pm 0,14$, $0,23 \pm 0,08$, $0,15 \pm 0,09$, $0,21 \pm 0,13$, $0,17 \pm 0,21$ и $0,12 \pm 0,02$ дптр, соответственно). Вместе с тем при использовании формул Haigis и Kane получена наименьшая средняя погрешность оценки ($0,11 \pm 0,02$ и $0,12 \pm 0,02$, соответственно), различия значимы на уровне тенденции ($0,05 < p < 0,1$). Аналогичное распределение значений показано для средней абсолютной погрешности – для формул Kane, Haigis, Hoffer-Q, Barrett Universal II, SRK/T, Holladay 2 и Olsen она составила $0,09 \pm 0,03$, $0,08 \pm 0,02$, $0,16 \pm 0,11$, $0,18 \pm 0,05$, $0,19 \pm 0,09$, $0,23 \pm 0,06$ и $0,24 \pm 0,13$ дптр, соответственно, что свидетельствует о некотором преимуществе формул Kane и Haigis при расчете оптической силы ИОЛ у пациентов с аксиальной длиной глаза 20,0-22,0 мм (рисунок 4).

Частота абсолютной погрешности в пределах $\pm 0,50$ дптр для формул Holladay 2, Hoffer-Q, Haigis, SRK/T, Olsen, Barrett Universal II и Kane составил 79,0%, 81,5%, 93,4%, 88,9%, 80,2%, 92,5% и 95,1%, соответственно ($p < 0,05$ для формул Haigis, Barrett Universal II и Kane) (рисунок 5), в пределах $\pm 1,00$ дптр – 97,5%, 100%, 100%, 100%, 93,4%, 100% и 100%, соответственно (рисунок 6).

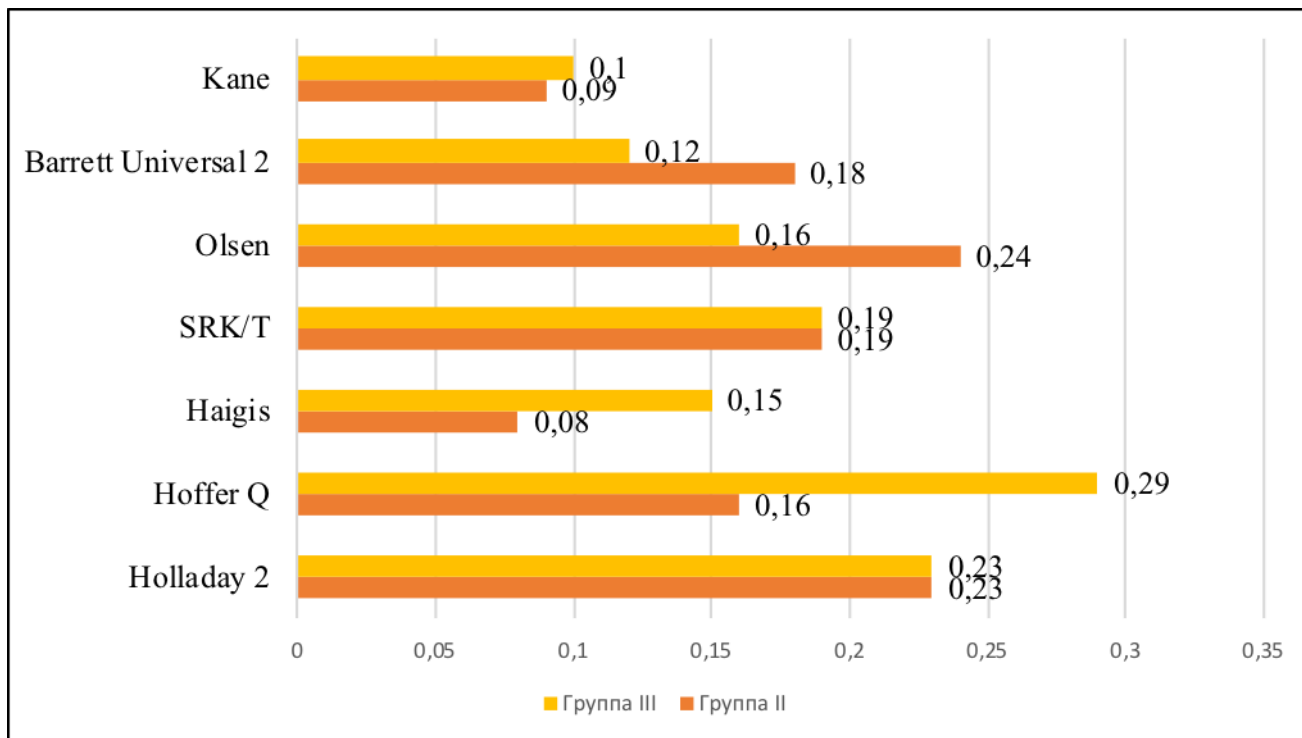


Рисунок 4 – Значения средней абсолютной погрешности в группах II и III

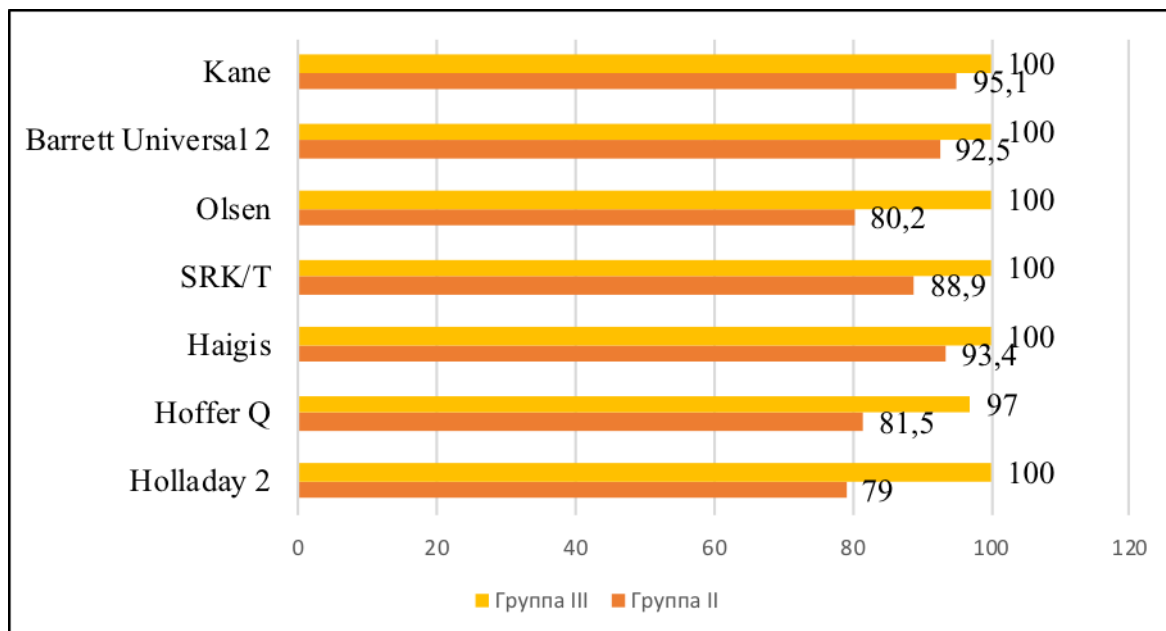


Рисунок 5 – Частота абсолютной погрешностью в пределах $\pm 0,50$ дптр, в проценте от общего количества глаз в группах II и III

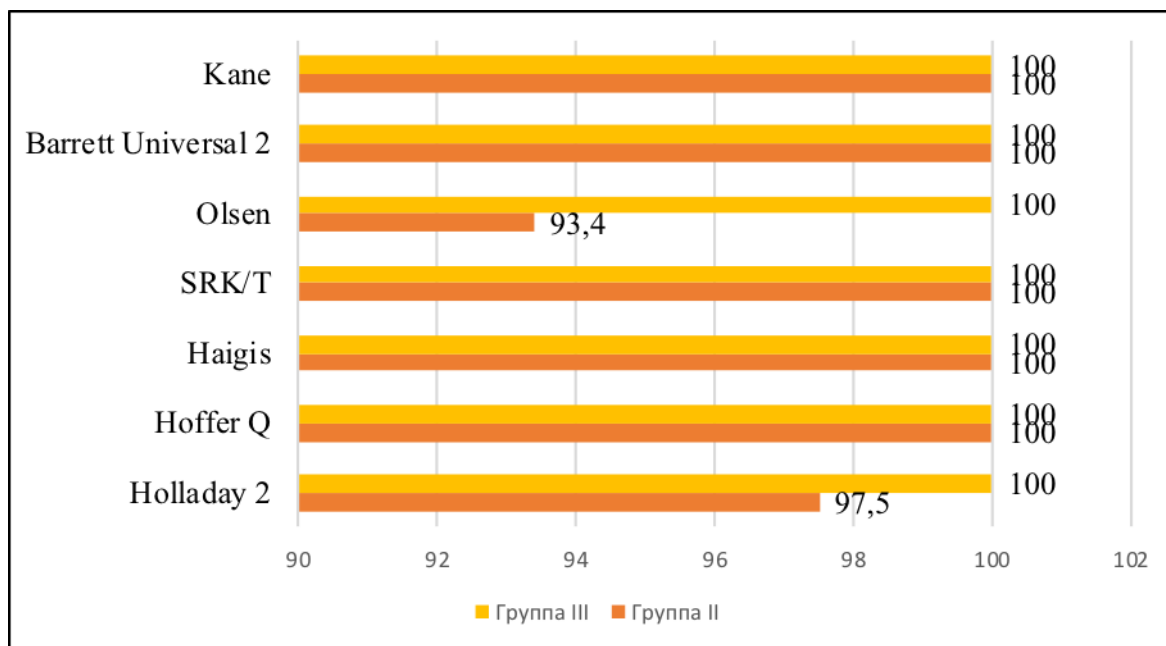


Рисунок 6 – Частота абсолютной погрешностью в пределах $\pm 1,0$ дптр, в проценте от общего количества глаз в группах II и III

Проведенный сравнительный попарный анализ показал значимое ($p < 0,05$) преимущество формул Kane и Haigis по сравнению с Holladay II и Olsen, а также значимое на уровне тенденции ($0,05 < p < 0,1$) по сравнению с Hoffer-Q, SRK/T и Barrett Universal II. При попарном сравнении других исследуемых формул статистически значимых различий не выявлено ($p > 0,05$). Анализ средних значений диаметра роговицы (white-to-white) и толщины хрусталика в дооперационном периоде между двумя группами не выявил статистически значимых различий между группами. В группе II диаметр роговицы составил $11,73 \pm 0,56$ мкм, в группе III - $11,81 \pm 0,41$ мкм ($p > 0,05$). При оценке толщины хрусталика значимых различий не выявлено. В группе II среднее значение параметра составило $4,56 \pm 0,40$ мм, а в группе III – $4,61 \pm 0,33$ мкм ($p > 0,05$). При сравнительном анализе изучаемых параметров в группах I и II значимых различий не выявлено. Диаметр роговицы ($11,38 \pm 0,40$ мкм и $11,73 \pm 0,56$ мкм, соответственно) и толщина хрусталика ($4,69 \pm 0,22$ мм и $4,56 \pm 0,40$ мм, соответственно) были схожими у пациентов двух групп ($p > 0,05$).

Влияние глубины передней камеры глаза на точность расчета оптической силы ИОЛ на глазах с короткой передней-задней осью

В группу IV были включены исследуемые случаи групп I и II.

В подгруппе IVa значимых различий при сравнении медианной абсолютной погрешности (MedAE) для семи формул не выявлено ($p > 0,05$). Наибольшие значения медианной абсолютной погрешности (0,51, 0,49 и 0,52 соответственно) и меньший диапазон средней числовой погрешности (MNE) ($-0,03 \pm 0,89$, $-0,01 \pm 0,97$ и $-0,04 \pm 0,74$, соответственно) показаны для формул Haigis, Barrett Universal II и Kane.

Отсутствие значимых различий при сравнении медианной абсолютной погрешности показано и для подгруппы IVb, однако значения данного показателя при использовании формулы Haigis, в отличие от подгруппы IVa было наименьшим и составило 0,45, а наибольшее – для формул SRK/T и Olsen (0,59 и 0,56, соответственно). Данные формулы характеризовались наибольшим значением средней абсолютной ошибки (0,70 и 0,67, соответственно), в то время как для других формул средняя абсолютная ошибка была ниже ($p > 0,05$). Для формулы Haigis показано наименьшее значение средней числовой погрешности ($0,05 \pm 0,69$), далее следовала формула Holladay 2 ($-0,02 \pm 0,71$). Различия средней числовой погрешности для исследуемых формул не были статистически значимыми ($p > 0,05$).

В подгруппе IVc значимых различий при сопоставлении средних значений медианной абсолютной погрешности не выявлено ($p > 0,05$). Наименьшая медианная абсолютная погрешность (0,17 и 0,19, соответственно) и лучшие значения средней числовой погрешности ($-0,01 \pm 0,58$ и $0,01 \pm 0,48$, соответственно) показаны для формул Haigis и Kane, в то время как формула SRK/T характеризовалась наибольшей медианной абсолютной погрешностью (0,37).

Отмечено, что увеличение показателя средней абсолютной погрешности находится в прямой зависимости с уменьшением глубины передней камеры глаза. Значения величин средней абсолютной погрешности представлены на рисунке 7.

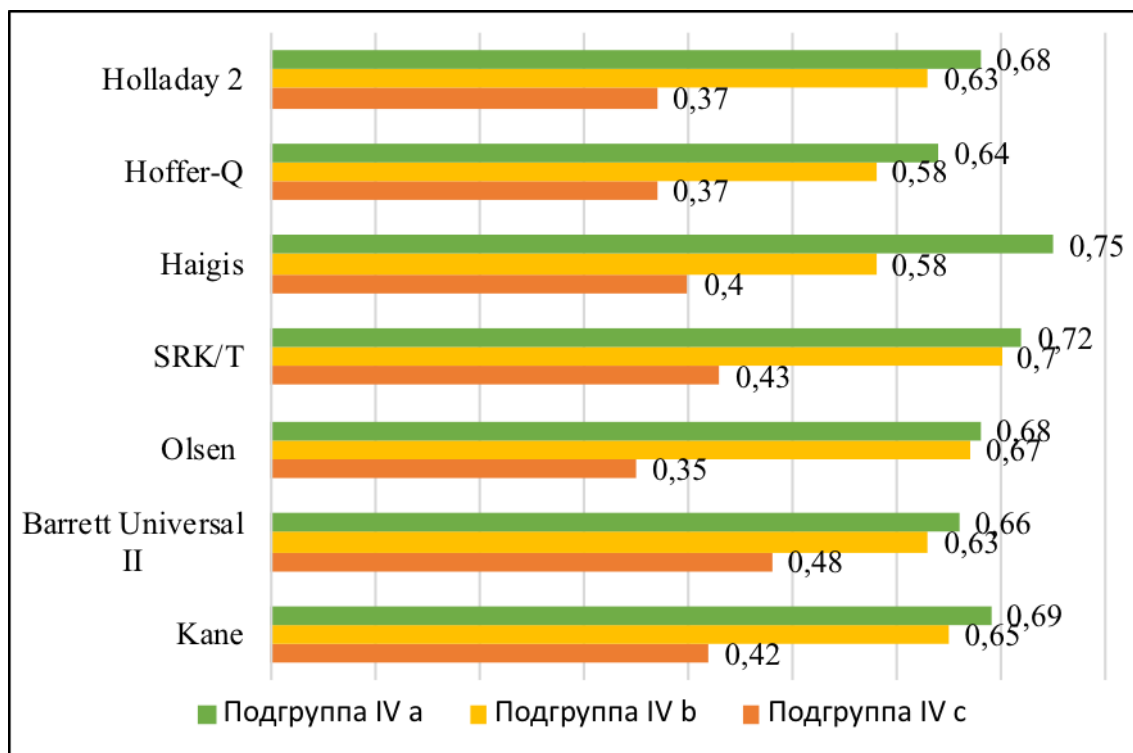


Рисунок 7 – Величина средней абсолютной погрешности в трех подгруппах

В таблицах 1,2,3 представлена частота (n,%) средней числовой погрешности в диапазоне $\pm 0,25$, $\pm 0,50$, $\pm 1,0$ и $\pm 2,0$ дптр для каждой формулы по группам. Показатель средней числовой погрешности обратно пропорционален количеству глаз, попавших в целевую рефракцию, то есть низкое значение средней числовой погрешности соответствует большей частоте попадания в целевую рефракцию.

Таблица 1 – Частота (n, %) средней числовой погрешности в диапазоне $\pm 0,25$, $\pm 0,50$, $\pm 1,0$ и $\pm 2,0$ дптр в подгруппе IVa (n=40)

	$\pm 0,25$ дптр	$\pm 0,50$ дптр	$\pm 1,00$ дптр	$\pm 2,00$ дптр
Hoffer-Q	16 (40%)	23 (57,5%)	29 (72,5%)	36 (90%)
Holladay 2	14 (35%)	24 (60%)	28 (70%)	36 (90%)
Haigis	13 (32,5%)	22 (55%)	30 (75%)	37 (92,5%)
SRK/T	14 (35%)	22 (55%)	29 (72,5%)	35 (87,5%)
Olsen	15 (37,5%)	23 (57,5%)	29 (72,5%)	36 (90%)
Barrett Universal II	13 (32,5%)	22 (55%)	30 (75%)	39 (97,5%)
Kane	16 (40%)	24 (60%)	29 (75%)	40 (100%)

Таблица 2 – Частота (n, %) средней числовой погрешности в диапазоне $\pm 0,25$, $\pm 0,50$, $\pm 1,0$ и $\pm 2,0$ дптр в подгруппе IVb (n=49)

	$\pm 0,25$ дптр	$\pm 0,50$ дптр	$\pm 1,00$ дптр	$\pm 2,00$ дптр
Hoffer-Q	11 (22,4%)	28 (57,1%)	39 (79,6%)	46 (93,9%)
Holladay 2	8 (16,3%)	24 (48,9%)	39 (79,6%)	47 (95,9%)
Haigis	15 (30,6%)	33 (67,3%)	42 (85,7%)	49 (100%)
SRK/T	10 (20,4%)	18 (36,7%)	41 (83,7%)	47 (95,9%)
Olsen	12 (24,5%)	25 (51,0%)	40 (81,6%)	47 (95,9%)
Barrett Universal II	16 (32,6%)	28 (57,1%)	42 (85,7%)	46 (93,9%)
Kane	14 (28,6%)	32 (65,3%)	42 (85,7%)	49 (100%)

Таблица 3 – Частота (n, %) средней числовой погрешности в диапазоне $\pm 0,25$, $\pm 0,50$, $\pm 1,0$ и $\pm 2,0$ дптр в подгруппе IVc (n=44)

	$\pm 0,25$ дптр	$\pm 0,50$ дптр	$\pm 1,00$ дптр	$\pm 2,00$ дптр
Hoffer-Q	27 (61,4%)	34 (77,2%)	40 (90,9%)	42 (95,5%)
Holladay 2	26 (59,1%)	35 (79,5%)	39 (88,6%)	42 (95,5%)
Haigis	30 (68,2%)	35 (79,5%)	39 (88,6%)	44 (100%)
SRK/T	17 (38,6%)	31 (70,5%)	39 (88,6%)	42 (95,5%)
Olsen	23 (52,3%)	34 (77,2%)	40 (90,9%)	42 (95,5%)
Barrett Universal II	24 (54,5%)	35 (79,5%)	38 (86,4%)	43 (97,7%)
Kane	26 (59,1%)	35 (79,5%)	41 (93,2%)	44 (100%)

Представленные в таблицах данные свидетельствуют о сопоставимости результатов во всех трех группах, за исключением процента достижения рефракции $\pm 0,50$ дптр в подгруппе IVb, где показано значимое преимущество формул Haigis и Kane ($p < 0,05$).

Влияние кривизны роговицы на точность расчета оптической силы ИОЛ на глазах с короткой передней-задней осью

В группу V были включены исследуемые случаи групп I и II.

Как и для группы IV для семи исследуемых формул проведен расчет основных погрешностей. При одинаковых значениях средней абсолютной погрешности для нескольких формул их эффективность в данной группе пациентов одинакова, несмотря на возможную различную частоту попадания в целевую рефракцию в одной из групп.

В подгруппе Vb, характеризующейся средними значениями кривизны роговицы, значимых различий при сравнении медианной абсолютной погрешности для семи формул не выявлено ($p > 0,05$). Применение формул Barrett Universal II и Kane приводило к меньшим средним значениям медианной абсолютной погрешности и средней абсолютной погрешности, однако данные различия не были статистически значимыми.

В подгруппах Va и V, в значение $K_{ср}$ составляло менее 44,00 дптр и более 46,00 дптр, применение формул Hoffer Q, Holladay 2, SRK/T и Olsen было ассоциировано с худшими значениями средней абсолютной погрешности и медианной абсолютной погрешности по сравнению с формулами Haigis, Barrett Universal II и Kane ($p < 0,05$). Значимых различий в средней числовой погрешности не выявлено ($p > 0,05$).

Показано, что при большем отклонении средних значений кривизны роговицы от медианы применение формул Hoffer Q, Holladay 2, SRK/T и Olsen приводило к большей рефракционной ошибке, что не позволяет рекомендовать их для использования в клинической

практике при сочетании «короткого» глаза и показателях кератометрии менее 44,00 дптр и более 46,00 дптр. Значения величин средней абсолютной погрешности представлены на рисунке 8.

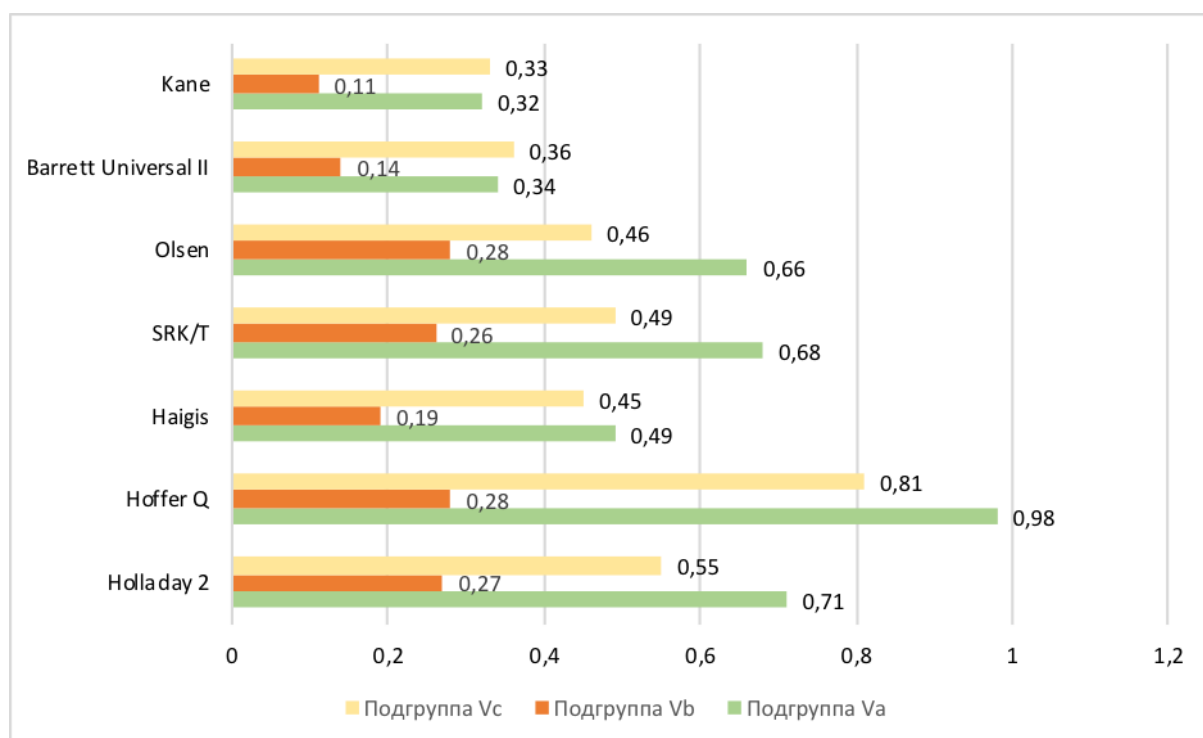


Рисунок 8 – Величина средней абсолютной погрешности в трех подгруппах

В таблицах 4, 5, 6 представлена частота (n,%) средней числовой погрешности в диапазоне $\pm 0,25$, $\pm 0,50$, $\pm 1,0$ и $\pm 2,0$ дптр для каждой формулы по группам.

Таблица 4 – Частота (n, %) средней числовой погрешности в диапазоне $\pm 0,25$, $\pm 0,50$, $\pm 1,0$ и $\pm 2,0$ дптр в подгруппе Va (n=36)

	$\pm 0,25$ дптр	$\pm 0,50$ дптр	$\pm 1,00$ дптр	$\pm 2,00$ дптр
Hoffer-Q	10 (27,7%)	18 (50%)	25 (69,4%)	35 (97,2%)
Holladay 2	9 (25%)	17 (47,2%)	23 (63,9%)	34 (94,4%)
Haigis	10 (27,7%)	20 (55,5%)	28 (77,7%)	36 (100%)
SRK/T	11 (30,6%)	18 (50%)	28 (77,7%)	36 (100%)
Olsen	14 (38,8%)	21 (58,3%)	28 (77,7%)	35 (97,2%)
Barrett Universal II	16 (44,4%)	23 (63,9%)	31 (86,1%)	36 (100%)
Kane	19 (52,7%)	23 (63,9%)	32 (88,8%)	36 (100%)

Таблица 5 – Частота (n, %) средней числовой погрешностью в диапазоне $\pm 0,25$, $\pm 0,50$, $\pm 1,0$ и $\pm 2,0$ дптр в подгруппе Vb (n=60).

	$\pm 0,25$ дптр	$\pm 0,50$ дптр	$\pm 1,00$ дптр	$\pm 2,00$ дптр
Hoffer-Q	24 (40%)	33 (55%)	51 (85%)	59 (98,3%)
Holladay 2	27 (45%)	35 (58,3%)	50 (83,3%)	58 (96,6%)
Haigis	27 (45%)	34 (56,6%)	53 (88,3%)	60 (100%)
SRK/T	28 (46,7%)	33 (55%)	51 (85%)	60 (100%)
Olsen	24 (40%)	35 (58,3%)	51 (85%)	59 (98,3%)
Barrett Universal II	34 (56,7%)	42 (70%)	56 (93,3%)	60 (100%)
Kane	36 (60%)	42 (70%)	57 (95%)	60 (100%)

Таблица 6 – Частота (n, %) с средней числовой погрешностью в диапазоне $\pm 0,25$, $\pm 0,50$, $\pm 1,0$ и $\pm 2,0$ дптр в подгруппе Vc (n=37)

	$\pm 0,25$ дптр	$\pm 0,50$ дптр	$\pm 1,00$ дптр	$\pm 2,00$ дптр
Hoffer-Q	8 (21,6%)	14 (37,8%)	17 (45,9%)	24 (64,9%)
Holladay 2	10 (27%)	16 (43,2%)	17 (45,9%)	25 (67,6%)
Haigis	8 (21,6%)	18 (48,6%)	20 (54,0%)	30 (81,1%)
SRK/T	8 (21,6%)	18 (50%)	19 (51,3%)	25 (67,6%)
Olsen	9 (24,3%)	16 (43,2%)	17 (45,9%)	23 (62,1%)
Barrett Universal II	12 (32,4%)	25 (67,6%)	28 (75,7%)	36 (97,3%)
Kane	12 (32,4%)	23 (62,1%)	30 (81,1%)	37 (100%)

Подгруппа Vb характеризовалась более высокой частотой достижения целевой рефракции во всех диапазонах, при этом показано значимое преимущество формул Barrett Universal II и Kane ($p < 0,05$).

Анализ эффективности техники факэмульсификации по методике «Бури и Ломай» при аксиальной длине глаза менее 20,0 мм

В группе I с передне-задним размером глаза менее 20,0 мм анализ интраоперационных и ранних послеоперационных осложнений определил отсутствие интраоперационных осложнений, в раннем послеоперационном периоде наблюдалось появление складок десцеметовой оболочки в двух случаях (6,7%) и транзиторной офтальмогипертензии в двух случаях (6,7%), которая была купирована назначением местных гипотензивных препаратов.

Анализ литературы с использованием стандартной техники факоэмульсификации хрусталика показывает, что частота интраоперационных осложнений варьирует от 7,1% до 48,0% (таблица 7).

Таблица 7 – Характерные интра- и ранних послеоперационные осложнения после факоэмульсификации на «коротких» глазах

Автор	Длина глаза	Осложнения
Yuzbasioglu E. et al. 2009	19,01±1,60 мм	переход на экстракапсулярную методику экстракции (25,0%)
Jung K.I. et al. 2012	19,53мм	разрыв задней капсулы хрусталика (11,7%)
Day A.C. et al. 2013	14,81-19,99мм	разрыв цинновых связок (48,0%)
Lemos J.A. et al. 2016	18,72 ±2,23мм	разрыв задней капсулы хрусталика (7,1%)
Rewri P. et al. 2017	17,18±1,74 мм	разрыв задней капсулы хрусталика (17,0%)

Таким образом, применение техники факоэмульсификации по методике «Бури и Ломай» позволило добиться значительного снижения интраоперационных осложнений, что связано со следующими преимуществами: темпоральный роговичный доступ позволяет сохранить адаптацию роговичного тоннельного разреза и не изменять качество визуализации и манипулировать в условиях малого объема орбиты, расположение факоиглы и вспомогательного инструмента (факошпателя по Коху) удалено от эндотелия роговицы, техника разлома ядра хрусталика позволяет эффективно манипулировать в условиях ограниченного пространства передней камеры и снижать нагрузку на связочный аппарат хрусталика глаза.

ВЫВОДЫ

1. Анализ результатов факоэмульсификации катаракты и рефракционной лenseктомии на глазах с аксиальной длиной от 20,0 мм до 22,0 мм свидетельствует о преимуществе использования формул Haigis и Kane по сравнению с Hoffer-Q, Barrett Universal II, SRK/T, Holladay 2 и Olsen вследствие наименьших значений средней абсолютной ошибки (0,08±0,02 и 0,09±0,03 дптр в сравнении с 0,16±0,11, 0,18±0,05, 0,19±0,09, 0,23±0,06 и 0,24±0,13 дптр соответственно) и достижения рефракции «щели» (±0,5 дптр) в 95,1 и 93,4% (по сравнению с 81,5;92,5;88,9;79,0;80,2%) случаев соответственно. При аксиальной длине глаза от 22,0 мм до 24,0 мм достоверная разница в точности указанных формул не определяется.
2. Определено, что при аксиальной длине глаза менее 20,0 мм применение формул Kane, Hoffer Q и Barrett Universal II (средняя абсолютная погрешность 0,17±0,06, 0,19±0,08 и

0,21±0,10 соответственно) обеспечивает достоверное преимущество над формулами SRK/T, Holladay II, Olsen, Haigis (средняя абсолютная погрешность 0,79±0,23, 0,73±0,23, 0,78±0,25, 0,85±0,31), при этом формула Kane обеспечивает наибольшую точность, позволяя достигать рефракции «цели» в 71,2%.

3. В случае сочетания аксиальной длины глаза менее 22,0 мм с глубиной передней камеры от 2,5 до 2,9 мм формулы Haigis и Kane обеспечивают достижение рефракции «цели» в 67,3% и 65,3% случаях, соответственно. Определена прямая зависимость снижения вероятности достижения рефракции «цели» при уменьшении передне-заднего размера глаза и глубины передней камеры глаза применительно ко всем используемым в анализе формулам.

4. Показано, что при сочетании «короткого» глаза и показателя кератометрии менее 44,00 дптр - более 46,00 дптр применение формул Hoffer Q, Holladay 2, SRK/T, Haigis, Olsen приводило к достижению рефракции «цели» не более, чем в 58,3% случаев. Наилучшие результаты (70% случаев) достижения запланированной рефракции определены при использовании формул Barrett Universal II и Kane в сочетании с показателями кривизны роговицы от 44,00 дптр до 46,00 дптр и аксиальной длины глаза менее 22,0 мм.

5. Определено, что диаметр роговицы и толщина хрусталика значимо не различались вне зависимости от аксиальной длины глаза ($p>0,05$) и, соответственно, не влияли на точность расчета ИОЛ при показателях передне-заднего размера глаза от 24,0 мм и менее.

6. Установлено, что техника фактоэмульсификации методом «Бури и Ломай» у пациентов с «короткой» аксиальной длиной глаза, позволяет снижать хирургическую нагрузку на интраокулярные ткани, минимизирует частоту интраоперационных осложнений и позволяет предупреждать развитие осложнений в раннем послеоперационном периоде.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При аксиальной длине глаза менее 20,0 мм рекомендуется использование формул Kane, Hoffer Q и Barrett Universal II (по сравнению с формулами, SRK/T, Holladay II, Olsen, Haigis).

2. При сочетании аксиальной длины глаза менее 22,0 мм и глубины передней камеры 2,5 – 2,9 мм рекомендуется применение формул Haigis, Kane, что позволяет достигать запланированной рефракции в 67,3% и 65,3% случаев соответственно.

3. У пациентов с «коротким» глазом и значениями кривизны роговицы менее 44,0 дптр - более 46,0 дптр рекомендуется применение формул Barrett Universal II и Kane.

4. У пациентов с аксиальной длиной глаза менее 22,0 мм рекомендуется использовать технику хирургического вмешательства (фактоэмульсификации) по методике «Бури и Ломай».

5. При планировании экстракции хрусталика на глазах менее 22,0 мм необходимо учитывать, что при уменьшении размера глаза и глубины передней камеры уменьшается процент достижения рефракции «цели», что важно при расчете монофокальных и, в особенности, мультифокальных ИОЛ.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Першин, К.Б. Биометрия при расчете оптической силы ИОЛ как фактор успешной хирургии катаракты. / К.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова, А.Ю. Цыганков, С.Л. Легких, **И.А. Лих** // **Катарактальная и рефракционная хирургия**. – 2016. – Т.16. - №2. – С.15 – 22
2. Першин, К.Б. Бинокулярная имплантация новой трифокальной дифракционной интраокулярной линзы для коррекции пресбиопии. / К.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова, А.Ю. Цыганков, О.П. Мийович, **И.А. Лих**, Е.П. Гурмизов // **Российский медицинский журнал**. – 2018. – Т.24. - №5. – С.228-232.
3. Мийович, О.П. Анализ результатов бинокулярной имплантации новой трифокальной дифракционной интраокулярной линзы для коррекции пресбиопии. / О.П. Мийович, К.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова, А.Ю. Цыганков, **И.А. Лих**, Е.П. Гурмизов // **Современные технологии в офтальмологии**. – 2018. - №5. – С.97-98.
4. Першин, К.Б. Влияние глубины передней камеры на точность расчета оптической силы интраокулярной линзы на глазах с короткой переднезадней осью. / К.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова, **И.А. Лих**, А.Ю. Цыганков, А.А. Ахраров // **Клиническая практика**. – 2020. -Т.11. - №4. – С.41- 48.
5. Першин, К.Б. Анализ точности шести формул для расчета оптической силы интраокулярных линз на глазах с аксиальной длиной 20 – 22 мм. / К.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова, **И.А. Лих**, А.Ю. Цыганков // **Саратовский научно-медицинский журнал**. – 2020. – Т.16. - №2. – С.638-642.
6. Tsygankov, A. Intraocular lenses optic power calculation in extremely short eyes / A. Tsygankov, K. Pershin, **I. Likh**, N. Pashinova // XXXVIII ESCRS Meeting in Amsterdam.-2020. Доступно онлайн <https://www.es CRS.org/amsterdam2020/programme/posters-details.asp?id=36399>
7. Першин, К.Б. Сравнительный анализ точности расчета интраокулярных линз с использованием семи формул на глазах с аксиальной длиной менее 20,00 мм / К.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова, **И.А. Лих**, А.Ю. Цыганков // **Современные технологии в офтальмологии**. – 2021. – № 1(36). – С. 57-61
8. Першин, К.Б. Сравнительный анализ эффективности формул для расчета оптической силы интраокулярных линз на глазах с аксиальной длиной менее 22,00 мм / К.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова, **И.А. Лих**, А.Ю. Цыганков // **Сборник материалов научно-практической конференции «Инновационные технологии в офтальмологии», посвященной 130-летию кафедры офтальмологии Сибирского государственного медицинского университета**. – 2021. – С. 85-88.
9. Першин, К.Б. Сравнительный анализ точности расчета интраокулярных линз с использованием семи формул на глазах с аксиальной длиной менее 20,00 мм / К.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова, **И.А. Лих**, А.Ю. Цыганков // **Точка зрения. Восток - Запад**. – 2021. – № 3. – С. 37-40.
10. Першин, К.Б. Особенности расчета оптической силы интраокулярных линз на экстремально коротких глазах / К.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова, **И.А. Лих**, А.Ю. Цыганков, С.Л. Легких // **Офтальмология**. – 2022. – Т. 19. – № 1. – С. 91-97.
11. Першин, К.Б. Особенности расчета оптической силы ИОЛ на «коротких» глазах. Обзор литературы / К.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова, **И.А. Лих**, А.Ю. Цыганков, С.Л. Легких // **Офтальмология**. – 2022. – Т. 19. – № 2. – С. 272-279.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ФЭК – фактоэмульсификация катаракты
ИОЛ – интраокулярная линза
SE – сферический эквивалент
E – погрешность оценки
ME – средняя погрешность
AE – абсолютная погрешность
MAE – средняя абсолютная погрешность
MedAE – медианная абсолютная погрешность
MNE – средняя числовая погрешность
ГПК – глубина передней камеры
W-to-W – диаметр роговицы от «белого до белого»
K_{ср} – средняя кератометрия