

На правах рукописи

Узуев Магомед Исаевич

**РАЗРАБОТКА ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЙ МЕТОДИКИ
ХИРУРГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ СХОДЯЩЕГОСЯ СОДРУЖЕСТВЕННОГО
НЕАККОМОДАЦИОННОГО КОСОГЛАЗИЯ У ДЕТЕЙ**

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» (АПО ФГБУ ФНКЦ ФМБА России), г. Москва.

Научный руководитель:

доктор медицинских наук **Азнаурян Игорь Эрикович**

Официальные оппоненты:

Маркова Елена Юрьевна, доктор медицинских наук, заведующая отделом микрохирургии и функциональной реабилитации глаза у детей Федерального государственного автономного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г.Москва.

Жукова Ольга Владимировна, доктор медицинских наук, доцент кафедры офтальмологии Самарского государственного медицинского университета, главный детский офтальмолог Приволжского федерального округа, г.Самара.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г.Санкт-Петербург.

Защита диссертации состоится «_____» _____ 2022 г. в _____ 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 АПО ФГБУ ФНКЦ ФМБА России 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 Игорь Геннадьевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность и степень разработанности темы

Бинокулярное зрение является сложной системой зрительного анализатора, основанной на взаимодействии сенсорной и моторной систем глаза. Вследствие фиксации зрительных осей на объекте, бинокулярное зрение обеспечивает одновременное восприятие и слияние изображений от каждого глаза в единый зрительный образ, что, в свою очередь, позволяет локализовать наблюдаемый объект в пространстве (Аветисов С.Э. с соавт., 2019; Кащенко Рычкова С.И., Лихванцева В.Г., 2019; Howard I.P. at al., 2012).

Содружественное косоглазие представляет собой заболевание, при котором один глаз отклонен относительно другого при взгляде на совместный объект фиксации, что сопровождается нарушением бинокулярного зрения. В структуре офтальмопатологии частота распространения содружественного косоглазия варьирует от 1,5% до 3,5% (Гончарова С.А., 2013; Louwagie C.R. at al., 2009; McKean-Cowdin R. at al., 2013). При этом сходящееся косоглазие у детей встречается в 3-5 раз чаще, чем расходящееся (Ларионова О.В., 2019; Donnelly U. M., 2005; Friedman D.S. at al., 2008). Прогноз восстановления бинокулярных функций при косоглазии определяется состоянием мышечного баланса глазных яблок, который, восстанавливается оперативным вмешательством.

Хирургическая коррекция косоглазия, восстанавливающая симметричное положение глаз в орбите, является базовым этапом комплексного лечения (Жукова О.В., 2012; Маркова Е.Ю., 2016; Азнаурян И.Э. с соавт., 2020; Dombrow M., 2007). При этом требуемый уровень клинико-функциональной эффективности хирургической коррекции глазодвигательных мышц определяются точным дозированием объема ослабляющей и усиливающей операции (Аветисов С.Э. с соавт., 2019; Gunton K.B., 2014). Проведенный анализ литературных данных свидетельствует, что к настоящему моменту в клинической практике разработаны и апробированы различные методики дозирования в зависимости от угла косоглазия, представленные, как правило, в виде эмпирических таблиц (Roy F.H., 2015; Wright K.W., 2015). Однако, практические результаты хирургического лечения далеко не всегда удовлетворяют как врача, так и пациента, что, по-видимому, связано с отсутствием дифференцированного подхода и учета всех индивидуальных параметров глаза пациента (Cestari D.M., 2013; Hoyt C.S. at al., 2013). Важно подчеркнуть, что сложности дозирования операций, вызванные большой индивидуальной вариабельностью эффекта, вынуждают многих оперирующих хирургов вносить поправки при планировании операций на основе личных результатов, полученных по мере накопления клинического опыта (Chatzistefanou K.I. at al., 2018).

Одним из перспективных методов хирургической коррекции сходящегося

содружественного неаккомодационного косоглазия в педиатрической практике признается методика «STRABO», основанная на расчете параметров операции с помощью многомерного анализа индивидуальных зрительных показателей - объективного угла косоглазия, длины передне-задней оси глаза, величины рефракции и межзрачкового расстояния (Азнаурян И.Э. с соавт., 2009). В то же время многолетнее применение данной методики в клинической практике определило ряд актуальных направлений совершенствования с позиции разработки методов оценки прикрепления и положения медиальной прямой мышцы относительно анатомического экватора глаза (Тарутта Е.П. с соавт., 2015; Горбенко В.М., Захарова И.А., 2020).

Таким образом, несмотря на успехи, достигнутые в лечении сходящего содружественного неаккомодационного косоглазия в детском возрасте, разработка новых методов дозирования хирургического вмешательства в зависимости от угла косоглазия продолжает оставаться одной из актуальных проблем современной офтальмологии.

Цель работы: разработать и оценить клиническую эффективность персонализированной методики хирургической коррекции сходящегося содружественного неаккомодационного косоглазия у детей.

Основные задачи работы:

1. Исследовать (на основе корреляционных связей применительно к дозированию хирургической рецессии медиальной прямой мышцы) особенности индивидуального положения анатомического экватора глаза в зависимости от передне-заднего и поперечного размеров глазного яблока, а также диаметра роговицы.
2. Разработать методику измерения поперечного размера глазного яблока для оптимизации расчета дозирования хирургического лечения косоглазия.
3. Разработать методику дозирования операции на глазодвигательных мышцах («Strabo soft») с учетом выявленных особенностей положения анатомического экватора и истинного места прикрепления медиальной прямой мышцы относительно лимба в зависимости от передне-заднего и поперечного размера глазного яблока, а также диаметра роговицы.
4. Провести сравнительный анализ клинической эффективности (по базовым показателям бинокулярного зрения) разработанной персонализированной методики дозирования операции на глазодвигательных мышцах «Strabo soft» и традиционной методики «STRABO» у детей с сходящимся содружественным неаккомодационным косоглазием.
5. Изучить отдаленные (12 месяцев) функциональные результаты хирургической коррекции (по разработанной и традиционной методикам) у детей с наличием сходящегося содружественного неаккомодационного косоглазия по базовым показателям бинокулярного зрения.

Основные положения, выносимые на защиту диссертационной работы:

1. Разработана персонализированная методика дозирования «Strabo soft», обеспечивающая (по сравнению с традиционной «STRABO») существенно более высокий уровень клинической эффективности у детей с наличием сходящегося содружественного неаккомодационного косоглазия, что подтверждается статистически значимыми различиями базовых показателей бинокулярного зрения как непосредственно после оперативного вмешательства (по параметрам угла косоглазия и среднего отклонения от «целевого» угла), так и в отдаленные (12 месяцев) сроки (по показателям вероятности восстановления бифовеального слияния и бинокулярного зрения, частоты остаточной амблиопии).
2. Ведущими параметрами глаза, определяющими методику хирургического вмешательства при сходящимся содружественном неаккомодационном косоглазии в педиатрической практике, являются, в первую очередь, положение анатомического экватора относительно лимба, а также поперечный (по разработанной методике), передне-задний размеры глазного яблока и диаметр роговицы, что подтверждается установленным высоким уровнем взаимных корреляционных связей и обеспечивает персонализированный подход к дозированию рецессии медиальной прямой мышцы, минимизирующий факторы риска (вариабельность места прикрепления, возможность смещения) и способствующий достижению симметричности глаз в орбите с сохранением баланса между мышцами антагонистами.

Научная новизна работы

Впервые в офтальмологической педиатрической практике разработана методика (с оригинальным программным обеспечением, свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2020665622 от 20.11.2020 г.) дозирования операции на глазодвигательных мышцах «Strabo soft» применительно к пациентам с наличием сходящегося содружественного неаккомодационного косоглазия.

Установлено, что разработанная методика «Strabo soft» (по сравнению с традиционной методикой «STRABO») характеризуется существенным повышением точности прогнозирования остаточного угла косоглазия (угол девиации не превышал $\pm 5^\circ$ в 100% случаев по сравнению с 77,8%, $p=0,023$), а также обеспечивает более высокие клинико-функциональные результаты в отдаленном (12 месяцев) периоде (восстановление бифовеального слияния и бинокулярного зрения отмечалось в 100%; 94,8% по сравнению с 94,7%; 93,0% случаев соответственно).

Впервые в офтальмологической практике разработана методика измерения поперечного размера глазного яблока методом В-сканирования с контактным линейным датчиком, позволяющая оптимизировать расчет хирургической коррекции косоглазия по

персонализированной методике дозирования (95% доверительный интервал: 0,08-0,12 мм).

Теоретическая значимость работы заключается в обосновании комплекса параметров глаза в целях совершенствования объема хирургической коррекции сходящегося содружественного неаккомодационного косоглазия у детей.

Практическая значимость работы заключается в разработке рекомендаций (на основе компьютерной программы) по практическому применению методики «Strabo soft» у детей с наличием сходящегося содружественного неаккомодационного косоглазия.

Методология и методы исследования

В работе использовали комплексный подход к оценке эффективности методики расчета дозирования объема операции при сходящемся содружественном неаккомодационном косоглазии, основанный на исследовании клинико-функциональных показателей зрительного анализатора.

Степень достоверности результатов

Степень достоверности результатов исследования основывается на адекватных и апробированных методах сбора клинического материала (149 пациентов), а также применении современных методов статистической обработки.

Внедрение работы

Результаты диссертационной работы включены в материалы сертификационного цикла и цикла профессиональной переподготовки кафедры офтальмологии Академии постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА (г. Москва) и международного научно-образовательного центра аккредитации офтальмологов и оптометристов НМУ «КО ЦОЗДиП «Ясный взор»», внедрены в клиническую практику работы ООО «Ясный взор» (г. Москва) и отделение офтальмохирургии клиники АО «Медицина» (г. Москва).

Апробация и публикация материалов исследования

Основные положения диссертации доложены и обсуждены на: Московской международной оптической выставке (Москва, Россия, 2017); международной конференции по офтальмологии (АИОС-II, Ереван, Армения, 2019); конференции Американской ассоциации детской офтальмологии и косоглазия (San Diego, USA, 2019); 40-й конференции Европейской страбизмологической ассоциации (Helsinki, Finland, 2019); международной конференции офтальмологов-страбизмологов STRABO (Москва, Россия, 2019); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Фёдоровские чтения» (Москва, Россия, 2021).

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

Материалы диссертации опубликованы в 6 печатных работах, в том числе в 4-х статьях, опубликованных в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ. Получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ: №2020665622 от 27 ноября 2020 года.

Структура диссертации

Диссертация изложена на 110 страницах машинописного текста и состоит из введения, основной части (главы «Обзор литературы», «Материал и методы исследования», «Результаты исследования и их обсуждение»), заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений, списка литературы и приложения. Диссертация иллюстрирована 11 таблицами и 26 рисунками. Список литературы содержит 191 источник, из которых 47 отечественных авторов и 144 – иностранных.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материал и методы исследования

Исследование выполнялось в период с 2013 по 2020 гг. в Клиническом объединении «Ясный взор» (г. Москва) и офтальмологическом отделении АО «Медицина» (г. Москва). В исследование методом планового отбора включили 149 детей с наличием сходящегося содружественного неаккомодационного косоглазия. Критериями включения были возраст от 2 до 14 лет, наличие сходящегося содружественного неаккомодационного косоглазия от 9° до 35°, острота зрения с коррекцией хуже видящего глаза не ниже 0,2, одновременный или монокулярно альтернирующий характер зрения на четырехточечном тесте, гиперметропия до 6 дптр, астигматизм менее 3 дптр.

Критерии исключения: ранее проведенные операции по поводу косоглазия, синдромы «А», «V» и «X», вертикальное косоглазие, паралитический компонент косоглазия, серьезная сопутствующая глазная или соматическая патология.

Всем пациентам перед операцией проводили комплексное обследование органа зрения по следующим методикам: определяли остроту зрения без коррекции и с коррекцией в монокулярных условиях при помощи автоматического проектора знаков АСР-700 Unicos (Южная Корея); выполняли рефрактометрию и офтальмометрию (Huvitz HRK-7000, Корея); биомикроскопию переднего и заднего отрезка глаза на щелевой лампе (SL-45 DX, Shin Nippon, Япония); обратную или прямую офтальмоскопию с помощью фундус-линзы 78D или ручного офтальмоскопа (Ri-score L, Германия); ультразвуковую (УЗ) эхобиометрию (А-скан) проводили на аппарате «А-Scan Plus» (Accutome, США) с датчиком 10 МГц для измерения длины передне-задней оси глаз; межзрачковое расстояние определяли пупиллометром. Глазодвигательную систему оценивали по объективному и субъективному углу косоглазия на синоптофоре (INAMI L-2510B, Япония) и по Гиршбергу, в тесте с прикрыванием (Cover

Test). Фиксацию оценивали с помощью прямого офтальмоскопа Ri-score L (Германия); Подвижность глазных яблок исследовали монокулярно и бинокулярно в девяти положениях взора. Характер зрения оценивали с помощью четырехточечного цветотеста Белостоцкого-Фридмана (разновидность теста Уорса) на расстоянии 1м и 5м. Диаметр роговицы измеряли на аппарате Nidek ARK-1 (Medeq, Япония), а также в операционной штангенциркулем.

В-сканирование проводили с помощью переносного диагностического ультразвукового сканера «Mindray M5» (Китай) оснащенного высокочастотным линейным контактным датчиком L14-6s (10 МГц, шириной рабочей части 25 мм). Оптическую когерентную томографию структур глазного дна проводили на фоне мидриаза на приборе Zeiss Cirrus HD-OCT 400 (Carl Zeiss Meditec Inc, США).

Функциональное состояние зрительного анализатора оценивали по показаниям, при этом регистрировали зрительные вызванные потенциалы, общую и ритмическую электроретинограмму 30 Гц на электрофизиологической системе Нейро-ЭРГ (Нейрософт, Россия). Оценивали биоэлектрическую активность сетчатки, зрительного нерва и зрительных областей коры головного мозга.

Исследование состояло из трех этапов.

На *первом этапе* изучали значимость персонализированных данных (информация о месте прикрепления медиальной прямой мышцы и её положение относительно АЭ, поперечный размер глаза и диаметр роговицы) в зависимости от точности и надежности расчетов объема операции.

На *втором этапе* исследования разрабатывали методику измерения поперечного размера глазного яблока методом В-сканирования с линейным датчиком для включения этого параметра в персонализированную методику дозирования «Strabo soft». Для этого обследовали 56 пациентов (56 глаз) по собственной методике сканирования. Среди них у 47 (84%) детей было сходящееся косоглазие (10° - 40°), у 9 (16%) – расходящееся (10° - 22°). По предложенной методике измеряли передне-задний (для сравнения с данными А-сканирования) и поперечный размеры глазного яблока. Репрезентативность метода оценивали с помощью двух операторов (Узуев М.И., Кудряшова Е.А.). Поскольку скорость прохождения ультразвука в мягких тканях составляла 1540 м/с, что отличалось от средней скорости ультразвука в 1555 м/с в факическом и 1532 м/с в афакическом глазу, то при измерении ПЗО и поперечного размера глаза проводили перерасчет (Shin H.C. at al., 2010; Singh A.D., 2012).

На завершающем *третьем этапе* исследования анализировали эффективность разработанной методики «Strabo soft» по сравнению с традиционной «STRABO». Для этих целей обследовали, лечили и наблюдали 115 пациентов с наличием сходящегося

содружественного неаккомодационного косоглазия, разделенных на две группы. В основную группу вошли 58 пациентов, оперированных по разработанной методике дозирования «Strabo soft», в рамках которой объем операции рассчитывали по модифицированной программе, учитывающей диаметр роговицы и поперечный размер глазного яблока, измеренный по специально разработанной методике. Программа предусматривала возможность компьютерного моделирования, не допуская фиксацию медиальной прямой мышцы (МПМ) ближе 1,5 мм кпереди от экватора глаза, что обеспечивало минимизацию гиперэффекта. Рецессию измеряли не от места прикрепления МПМ, а от лимба, учитывая вариабельность места ее прикрепления в пределах 3-6 мм от лимба, а также принимая во внимание небольшие изменения в месте прикрепления МПМ при измерении до и после отслоения мышцы (Helveston E.M., 2005).

В группе сравнения (57 детей) операции рассчитывали по программе «STRABO», которая наряду с объективным углом косоглазия учитывает длину ПЗО глаза, величину рефракции (по сферозэквиваленту) и межзрачковое расстояние. Методика дозирования «STRABO» предусматривает уменьшение рецессии медиальной прямой мышцы на 0,5-1 мм в случае нестандартного (удаленного на 0,5-1 мм от лимба) места прикрепления, лишь в ходе проведения операции.

Сравнительную оценку клинической эффективности системы «Strabo soft» и «STRABO» проводили по трем основным критериям: расхождение в количестве планируемых этапов хирургического лечения косоглазия и фактически проведенных; процент соответствия полученного остаточного угла косоглазия к правильному положению глаз; точность совпадения частоты прогнозируемого остаточного угла косоглазия с полученным результатом. В качестве дополнительных критериев оценки служили частота остаточной амблиопии, восстановления бифовеального слияния и бинокулярного зрения. При этом положение глаз считали правильным в отсутствие девиации по Гиршбергу и остаточной положительной девиации на синоптофоре не свыше 6° . Гипоэффектом считали остаточную девиацию по Гиршбергу и девиацию более 6° на синоптофоре. Гиперэффектом считали объективную отрицательную девиацию более 3° на синоптофоре.

Прогноз персонализированной системы дозирования считали точным при соответствии угла, полученного после операции, расчетному углу по программе «Strabo soft» или «STRABO» с отклонением не свыше $\pm 5^\circ$ при наличии слияния на синоптофоре, и $\pm 7^\circ$ в случае отсутствия слияния. Учитывали также расхождение прогноза персонализированной системы дозирования по количеству планируемых и проведенных этапов операции по программе «Strabo soft» или «STRABO», при котором достигнута ортотропия. В предоперационном и послеоперационном периоде все пациенты получали курсы

функциональной коррекции (10 сеансов) включающее в себя ортоптическое, плеоптическое и диплоптическое лечение по показаниям.

Статистическую обработку проводили с использованием программ Excel (Microsoft), Statistica 13.0 (TIBCO Software Inc., США). Характер распределения показателей оценивали с помощью критериев Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка. Нормально распределенные данные представлены в формате $M \pm \sigma$. Показатели с распределением, отличным от нормального, представлены в виде медианы с указанием интерквартильного размаха — Ме (ИКР). При сравнении двух групп достоверность различий количественных признаков оценивали с помощью U-критерия Манна-Уитни, качественных признаков - с помощью точного критерия Фишера. Ошибку метода оценивали путем сравнения данных двух операторов с расчетом предела воспроизводимости по общепринятой методике (McAlinden C. at all., 2015). Статистически значимым считали уровень $p < 0,05$.

Результаты работы и их обсуждение

На первом этапе в целях повышения эффективности планирования хирургического лечения косоглазия проведен анализ взаимосвязи стратегических значимых биометрических параметров глаза (диаметр роговицы, поперечный и передне-задний размер глаза), участвующих в расчете дозирования рецессии МПМ, с факторами, определяющими конечный результат операции (положение АЭ, истинное место прикрепление МПМ), рисунок 1, 2.

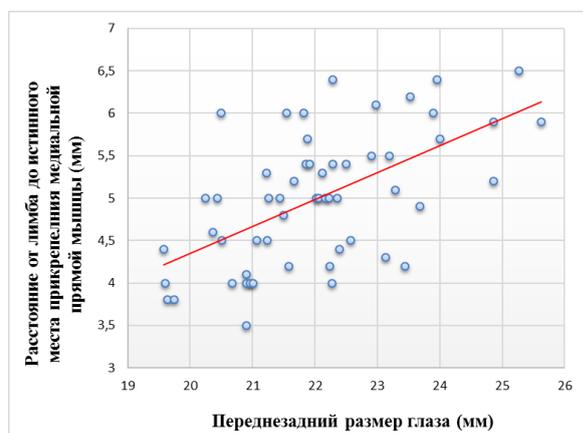


Рисунок 1 - Линия тренда, иллюстрирующая положительную прямую корреляционную связь ПЗО глаза с истинным местом прикрепления МПМ (коэфф. корр. 0,585; $p < 0,001$)

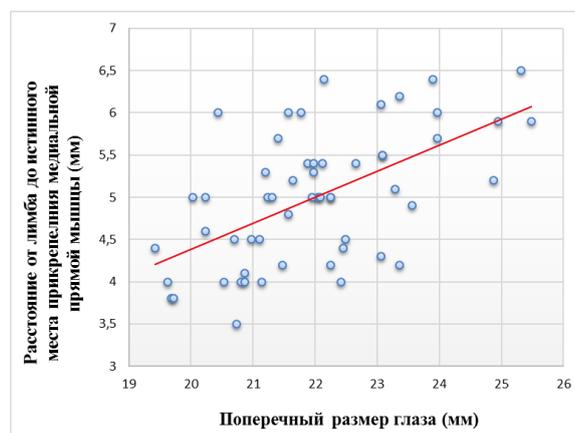


Рисунок 2 - Линия тренда, иллюстрирующая взаимосвязь поперечного размера глаза с истинным местом прикрепления МПМ (коэфф. корр. 0,576; $p < 0,001$)

Выявленная достоверная тесная связь ($r=0,585$, $p < 0,001$; рисунок 1) обосновало и объясняло присутствие ПЗО в существующей методике «STRABO». Однако объективная отрицательная девиация и несоответствие остаточного угла после хирургии косоглазия, рассчитанному по программе «STRABO», явилось причиной проведения анализа

аналогичной взаимосвязи с поперечным размером глаза, который, как известно, в ряде случаев не совпадает с ПЗО. При этом было установлено, что поперечный размер глаза существенно коррелирует с истинным местом прикрепления МПМ ($r=0,576$, $p<0,001$).

Еще более тесная корреляционная связь выявлена между ПЗО и АЭ глаза ($r=0,885$, $p<0,001$; рисунок 3), а также между поперечным размером глаза и АЭ ($r=0,877$, $p<0,001$; рисунок 4).

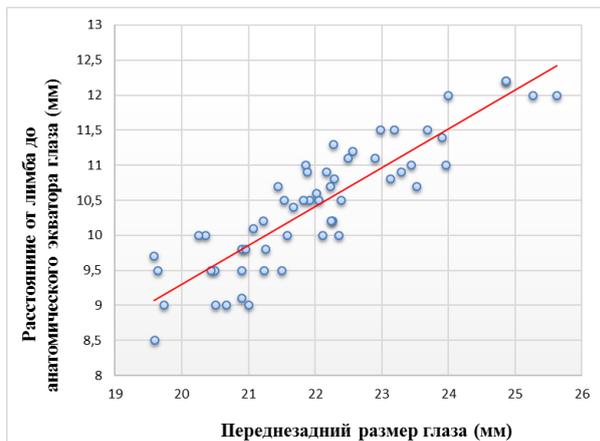


Рисунок 3 - Линия тренда, иллюстрирующая взаимосвязь ПЗО с положением АЭ глаза (коэфф. корр. 0,885; $p<0,001$)

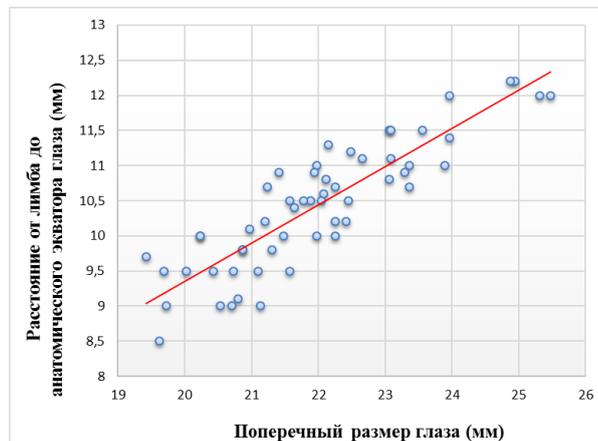


Рисунок 4 - Линия тренда, иллюстрирующая взаимосвязь поперечного размера глаза с положением АЭ глаза (коэфф. корр. 0,877; $p<0,001$)

Выявленный факт позволял утверждать, что передне-задний/поперечный размер глаза и диаметр роговицы) являются независимыми показателями, требующими учета в планировании хирургии косоглазия. При этом не обнаружено взаимосвязи между ПЗО или поперечным размером глаза и диаметром роговицы. В тоже время диаметр роговицы находился в отрицательной корреляционной связи с положением АЭ глаза ($r= -0,268$, $p<0,046$; рисунок 5) и истинным местом прикрепления МПМ ($r= -0,265$, $p<0,048$; рисунок 6).

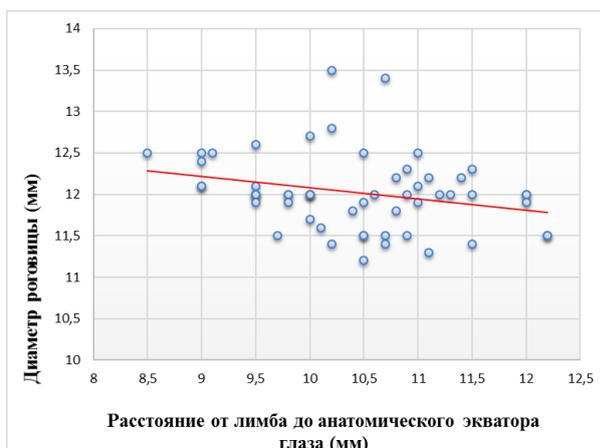


Рисунок 5 - Линия тренда, иллюстрирующая наличие отрицательной корреляционной связи положения АЭ глаза с диаметром роговицы (коэфф. корр. -0,268; $p<0,046$)

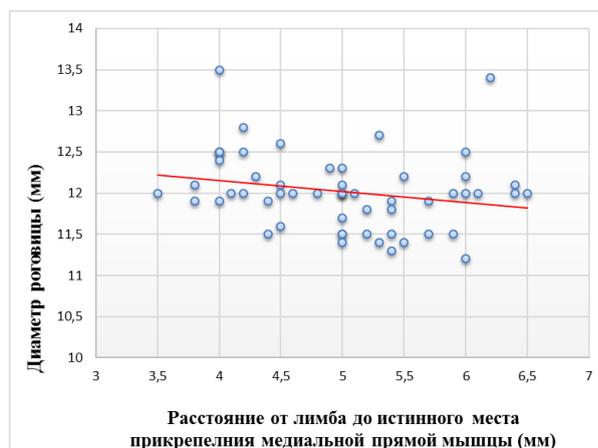


Рисунок 6 - Линия тренда, иллюстрирующая наличие отрицательной корреляционной связи истинного места прикрепления медиальной прямой мышцы с диаметром роговицы (коэфф. корр. -0,265; $p<0,048$)

При этом анатомическое положение экватора коррелировало с местом прикрепления МПМ, которая в свою очередь, оказалась связанной с диаметром роговицы ($r=0,664$, $p<0,001$; рисунок 7).

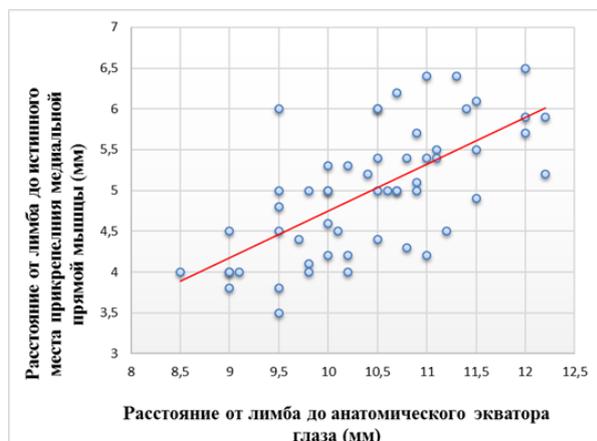


Рисунок 7 - Линия тренда, иллюстрирующая взаимосвязь положения АЭ с истинным местом прикрепления медиальной прямой мышцы (коэфф. корр. 0,664; $p<0,001$)

Сила и достоверность связи между биометрическими показателями глаза и факторами, определяющими исход операции представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Коэффициенты корреляции и достоверность связи между биометрическими показателями глаза и факторами, определяющими исход операции.

Параметр		Коэффициент корреляции	p
ПЗО	Истинное место прикрепления МПМ	0,585**	<0,001
Поперечный размер глаза	Истинное место прикрепления МПМ	0,576**	<0,001
ПЗО	Положение АЭ	0,885**	<0,001
Поперечный размер глаза	Положение АЭ	0,877**	<0,001
ПЗО	Диаметр роговицы	0,006*	0,967
Поперечный размер глаз	Диаметр роговицы	-0,002*	0,990
Положение АЭ	Диаметр роговицы	-0,268*	0,046
Истинное место прикрепления МПМ	Диаметр роговицы	-0,265*	0,048
Положение АЭ	Истинное место прикрепления МПМ	0,664**	<0,001
Примечание: * - коэффициент корреляции Спирмена; ** - коэффициент корреляции Пирсона			

Таким образом, проведенный анализ взаимосвязи между биометрическими параметрами глаза, с одной стороны, и факторами, определяющими исход операции, с другой стороны, диктовал необходимость особой точности при измерении поперечного размера глаза и диаметра роговицы и их учета при планировании операции.

Одной из проблем, приводящих к снижению точности дозирования операций по поводу косоглазия, признана сложность измерения поперечного размера глазного яблока. Возможности А-сканирования при этом весьма ограничены ввиду отсутствия опознавательных точек. Стандартные офтальмологические В-сканы снабжены секторными датчиками с углом сканирования 30°-45°, что малоприспособно для измерения поперечного размера глазного яблока ввиду недостаточной визуализации переднего отрезка. Подобных ограничений лишены линейные датчики, у которых рабочая поверхность совпадает с излучающей поверхностью УЗ преобразователя, дающего большую прямоугольную зону обзора (Осипов Л.В., 2011; Щуко А.Г. с соавт., 2015). Однако линейные датчики не получили распространения в офтальмологии.

В рамках настоящего исследования предложена, апробирована и внедрена методика измерения поперечного размера глазного яблока. Процедуру проводят через закрытые веки в положении лежа на спине. В прямом положении взора проводят измерение ПЗО, датчик при этом удерживают строго вертикально для получения горизонтального сканирования. Для измерения поперечного размера глаза пациента просят смотреть в сторону носа под углом примерно 45°. У детей неконтактных или младшего возраста – при прямом положении взора датчик устанавливают в области проекции лимба на 9 или 3 часах. Добиваются такого положения датчика, которое обеспечивает получение скана глазного яблока в самой широкой его части с четкой визуализацией роговицы, хрусталика и заднего отрезка глазного яблока; на этом скане измеряют поперечный размер глазного яблока. Для повышения точности, сканирование выполняют трижды с последующим расчетом среднего значения.

С целью оценки совпадения ПЗО и поперечного размера глаза у детей с разным типом рефракции был проведен сравнительный анализ (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнительные показатели размеров глазного яблока (мм) по типу рефракции, измеренные методом А- и В-сканирования, $M \pm \sigma$ (Мин-Макс), n=56

Параметр	А-скан	В-скан	P
	Передне-задний размер	Поперечный размер	
Гиперметропия < 3,0 дптр n=23	22,08±0,98 (20,44-24,00)	21,90±0,81* (20,10-23,74)	0,5
Гиперметропия > 3,0 дптр n=23	21,13±0,89 (19,58-22,57)	21,74±0,92* (20,10-23,54)	0,027
Миопия < 3,0 дптр n=7	23,72±0,94 (22,27-24,86)	23,05±0,15* (22,81-23,31)	0,1
Миопия > 3,0 дптр n=3	24,95±0,88 (23,96-25,62)	22,95±0,36* (22,58-23,31)	0,00085
Примечание: * - данные пересчета на скорость ультразвука 1532 м/с.			

Доказано достоверное, клинически значимое различие ПЗО и поперечного размера глаза в группе с гиперметропической и миопической рефракцией > 3 дптр., что обосновывало включение поперечного размера глаза в программу расчета объема хирургического лечения косоглазия и объясняло причины возможной ошибки и неточности программы «STRABO». Предложенная методика В-сканирования с линейным контактным датчиком обеспечивала высокую точность и воспроизводимость измерений поперечного размера глазного яблока и внедрена в рутинную практику в детской офтальмологии.

Многолетнее использование методики «STRABO» для дозирования операции при сходящемся содружественном неаккомодационном косоглазии у детей выявило существенные недостатки, обусловленные, недоучетом индивидуальных анатомических особенностей прикрепления МПМ и вариабельностью ее места прикрепления к склере по отношению к лимбу. Данное обстоятельство прямо влияет на положение мышцы относительно АЭ. При рецессии, измеренной от исходного места прикрепления МПМ, новое место прикрепления может оказаться позади крайней точки дуги контакта МПМ с глазным яблоком. Соответственно, это может отразиться на результатах операции, в частности, в недостаточной точности результата, или даже в утрате приводящей функции мышцы, оказывающей не вращающее, а втягивающее действие. В связи с чем, этот аспект требует особого контроля, который может предоставить компьютерное моделирование хирургического вмешательства с новой усовершенствованной методикой дозирования, на основе введенных дополнительных индивидуальных параметров. Наряду с параметрами, которые использовала методика «STRABO» (объективный угол косоглазия, длина передне-задней оси глаза, рефракция по сферозэквиваленту и межзрачковое расстояние), новая методика дозирования учитывает поперечный размер глаза и диаметр роговицы. Результаты оценки зависимости положения АЭ от ПЗО и поперечного размера глаза представлены на рисунке 8.

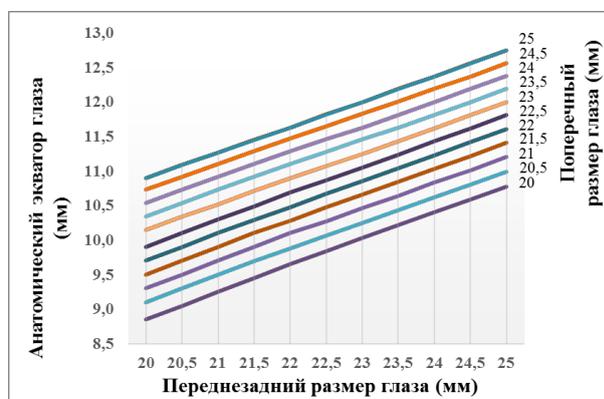


Рисунок 8 – Оценка положения АЭ в зависимости от передне-заднего и поперечного размера глазного яблока.

В соответствии с полученными результатами дополнительным параметром, определяющим истинное место прикрепления мышцы по отношению к лимбу и АЭ, стал

диаметр роговицы. Техническим результатом проведенных исследований явилась разработка усовершенствованной программы компьютерного моделирования «Strabo soft» по дозированию хирургического вмешательства при горизонтальном косоглазии на основе математической зависимости дозирования хирургического вмешательства от биометрических параметров глаза, где расчет рецессии МПМ производится от лимба, а расчет антагониста – складка (резекция) производится от истинного места прикрепления. (Доступна в сети Интернет по адресу <https://strabosoft.ru/#calculation>), свидетельство о регистрации программы для ЭВМ: №2020665622 от 27 ноября 2020 года. При расчете величины усиления (складки/резекции) мышцы на стороне противоположной отклонению глаза и величины ослабления (рецессии) мышцы на стороне отклонения оперируемого глаза программа прогнозировала количество этапов хирургического лечения, дозирование каждого этапа, величину остаточного угла косоглазия после каждого этапа.

Сравнительная оценка клинической эффективности персонализированной методики дозирования «Strabo soft» и традиционной «STRABO» показала, что в соответствии с расчетами методики дозирования «Strabo soft» в основной группе у 13 пациентов (n=58; 22,4%) и согласно методике дозирования «STRABO» в группе сравнения у 17 пациентов (n=57; 29,8%) планировали проведение второго этапа, но фактически второй этап был проведен в основной группе у 11 детей (19%), а в группе сравнения у 6 пациентов (10,5%). У оставшихся 2 пациентов (3,4%) основной группы и 11 пациентов (19,3%) группы сравнения хирургическая коррекция ограничилась одним этапом (рисунок 9).

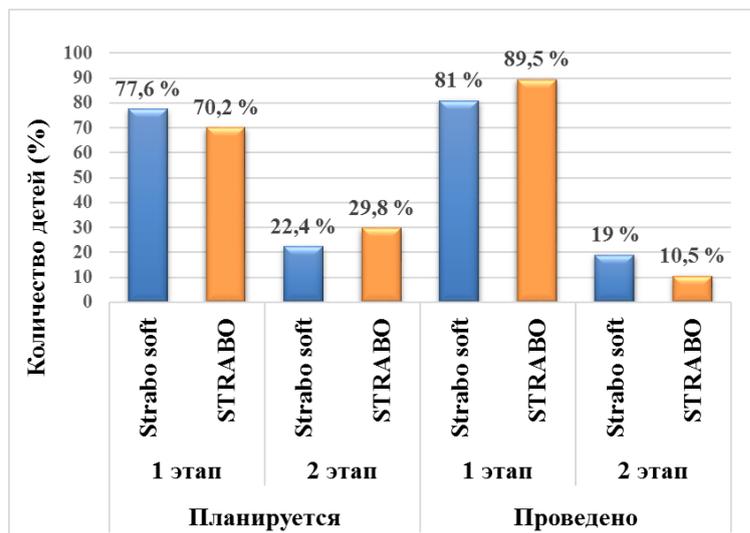


Рисунок 9 – Количество планируемых и проведенных этапов операции согласно расчетам методик дозирования «Strabo soft» и «STRABO»

Таким образом, согласно расхождению прогноза по количеству планируемых и проведенных этапов операции, лучший результат получен в основной группе (3,4% против 19,3%; $p < 0,004$).

Правильного положения глаз с остаточной положительной девиацией на синоптофоре не выше 6° в основной группе удалось достичь у 58 пациентов (100% против 98,2% в группе

сравнения, $p < 0,151$ ($p > 0,05$). При этом в группе сравнения имелась объективная отрицательная девиация у 1 ребенка (1,8%), где угол на синоптофоре составлял 3° (таблица 3).

Таблица 3 – Объективный угол косоглазия пациентов сравниваемых групп до и после операции, $M \pm \sigma$ (Мин-Макс)

Параметр	Основная группа (n=58)		Группа сравнения (n=57)	
	До операции	После операции	До операции	После операции
Угол косоглазия без коррекции, град.	22,3±5,0 (13-31)	4,2±1,8* (0-6)	20,5±5,4 (10-30)	3,9±2,1** (-3 – 6)
Угол косоглазия с коррекцией, град.	21,7±4,9 (12-30)	3,8±1,9* (0-6)	19,2±5,9 (10-30)	3,1±2,2** (-3 – 6)
Примечание: * $p < 0,001$; ** $p < 0,001$				

Соответствие угла, полученного после операции, расчетному углу по методикам «Strabo soft» и «STRABO» отражено в таблице 4.

Таблица 4 - Соответствие угла, полученного после операции, расчетному углу по методикам «Strabo soft» и «STRABO» в сравниваемых группах

Параметр	Основная группа (n=58)	Группа сравнения (n=57)	P
Дети с наличием слияния	n=31	n=30	
Отклонение от прогноза			
0-5°	31 (100%)	30 (100%)	
Среднее отклонение от прогноза методики дозирования по абсолютной величине, $M \pm \sigma$ (Мин-Макс)	2±1,7 (0 – 5)	2±1,6 (0 – 5)	
Дети с отсутствием слияния	n=27	n=27	
Отклонение от прогноза			
0-5°	27 (100%)	21 (77,8%)	0,023
6-7°	0 (0,0%)	5 (18,5%)	
>7°	0 (0,0%)	1 (3,7%)	
Среднее отклонение от прогноза методики дозирования по абсолютной величине, $M \pm \sigma$ (Мин-Макс)	2±1,8 (0 – 5)	4±2,9 (-3 – 9)	0,017

При наличии бифовеального слияния прогноз исхода операции был точным в обеих группах: отклонение было в пределах допустимых 5° в 100% случаев. В отсутствии

бифовеального слияния точность прогноза была ниже в группе сравнения (3,7%, 1 случай, отклонение от расчетной величины на 9°). В остальных 26 случаях с отсутствием слияния отклонение не превышало допустимых 7°, в то время как в основной группе при отсутствии слияния отклонение не превышало 5° во всех 27 случаях. Отклонения от прогноза свыше 5°, выявленные в 6 случаях в группе сравнения наблюдались в основном на глазах с относительной большой длиной глаза (22,20 – 23,0 мм).

В результате точной хирургической коррекции и плеоптического лечения у детей в основной группе и группе сравнения повышалась острота зрения лучше видящего и хуже видящего глаза. С учетом ортопто-диплоптического лечения в обеих группах устойчивое бифовеальное слияние получено через 12 месяцев у всех детей (таблица 5). На фоне восстановления бифовеального слияния бинокулярное зрение также восстанавливалось (таблица 6). Динамика улучшения бинокулярный характер зрения в основной группе и группе сравнения представлены на рисунке 10.

Таблица 5 – Оценка бифовеального слияния на синоптофоре под ОУ у пациентов сравниваемых групп после операции

Параметр	После операции, n (%)			
	3 мес.	6 мес.	9 мес.	12 мес.
Основная группа, n=58				
НКС с фузионными резервами	32 (55,2%)	46 (79,3%)	57 (98,3%)	58 (100%)
Неустойчивая ФСП	5 (8,6%)	5 (8,6%)	1 (1,7%)	0 (0,0%)
Устойчивая ФСП	21 (36,2%)	7 (12,1%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
Группа сравнения, n=57				
НКС с фузионными резервами	30 (52,6%)	47 (82,5%)	49 (86,0%)	54 (94,7%)
Неустойчивая ФСП	4 (7,0%)	2 (3,5%)	3 (5,3%)	1 (1,8%)
Устойчивая ФСП	23 (40,4%)	8 (14,0%)	5 (8,8%)	2 (3,5%)
Примечание: НКС – нормальная корреспонденция сетчаток, ФСП – функциональная скотома подавления, ОУ – объективный угол косоглазия				

Таблица 6 - Характер зрения пациентов до и после операции, n (%)

Характер зрения	Основная группа (n=58)		Группа сравнения (n=57)	
	До операции	После операции	До операции	После операции
Монокулярный альтернирующий	22 (37,9%)	0 (0,0%)	19 (33,3%)	0 (0,0%)
Одновременный	36 (62,1%)	3 (5,2%)	38 (66,7%)	4 (7%)
Бинокулярный	0 (0,0%)	55 (94,8%)	0 (0,0%)	53 (93%)

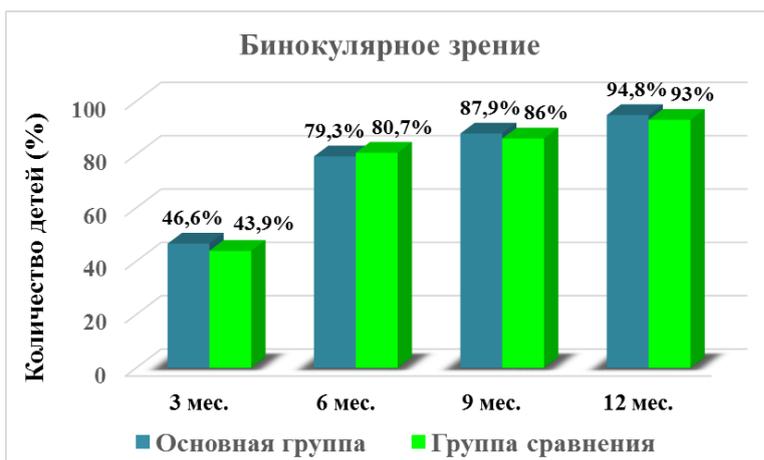


Рисунок 10 – Динамика по бинокулярному зрению в результате операции и ортопто-диплоптического лечения в сравниваемых группах

Полученные в работе результаты подтвердили высокую эффективность разработанной методики дозирования «Strabo soft», максимально учитывающей индивидуальные параметры глаза. В процессе исследования было доказано, что методика «Strabo soft» минимизирует риск ошибок при расчете объема операции у детей с наличием сходящегося содружественного неаккомодационного косоглазия, повышая точность прогноза в отсутствие бифовеального слияния и обеспечивая точность прогноза остаточного угла косоглазия.

Сравнительный анализ эффективности показал место «Strabo soft» и «STRABO» среди других российских и зарубежных методик дозирования позволил сформулировать следующие основные положения. Следует подчеркнуть, что все ранее предложенные методики дозирования исходят *только из величины объективного угла косоглазия*, на основе которого рассчитывается объем рецессии и резекции/складки (Аветисов С.Э. с соавт., 2019; Cestari D.M., 2013; Hoyt C.S. at al., 2013; Roy F.H., 2015; Wright K.W., 2015). Объем рецессии мало отличается, составляя от 3 до 7 мм при углах косоглазия от 8,5° до 31° (15-60Δ), при этом, по мнению некоторых авторов, объем рецессии одинаковый при всех углах косоглазия. В отношении резекции (складки) латеральной прямой мышцы различия альтернативных методик не столь существенны и основываются на положении, что объем резекции растет с увеличением угла косоглазия. Таким образом, различные ранее апробированные методики

расчета строились только на одном параметре – объективном угле косоглазия, в то время как разработанная в рамках настоящего исследования программа расчета базируется на персонифицированном подходе с учетом одновременно нескольких параметров глаза: объективного угла косоглазия, ПЗО, величины рефракции (сферозэквивалент), межзрачкового расстояния. Особенно важно подчеркнуть, что в предлагаемой методике «Strabo soft» дополнительно учитывается диаметр роговицы и поперечный размер глаза, что обеспечивает более точный прогноз на основе моделирования конкретного результата. Наряду с этим, необходимо, что предлагаемая нами методика характеризуется слабой зависимостью от объективного угла косоглазия и объема рецессии.

Таким образом, разработанная и апробированная методика дозирования операции на глазодвигательных мышцах «Strabo soft» обеспечивает (по сравнению с традиционной) существенно более высокий уровень клинической эффективности. Практическое применение данной методики повысит уровень оказания офтальмологической помощи в педиатрической практике у пациентов с наличием сходящегося содружественного неаккомодационного косоглазия.

Выводы

1. Результаты корреляционного анализа выявили высокую взаимосвязь положения анатомического экватора глаза с передне-задним и поперечным размерами глазного яблока ($r=0,885$ и $r=0,877$, $p<0,001$, соответственно) и истинным местом прикрепления медиальной прямой мышцы ($r=0,664$, $p<0,001$), которое также взаимосвязано с размерами глаза ($r=0,585$, $p<0,001$ и $r=0,576$, $p<0,001$, соответственно), что в целом обосновывает необходимость учета указанных биометрических параметров в методике дозирования хирургической коррекции косоглазия.
2. Разработана методика измерения поперечного размера глазного яблока методом В-сканирования с применением линейного датчика, обеспечивающая требуемую точность (95% доверительный интервал - 0,08-0,12мм) и высокую репрезентативность данных для последующего их учета при дозировании хирургического лечения косоглазия.
3. Разработана методика дозирования операции на глазодвигательных мышцах «Strabo soft», обеспечивающая высокую (среднее отклонение от прогноза не более $\pm 5^\circ$) точность клинических результатов вследствие комплексной оценки индивидуальных биометрических параметров – поперечного размера глаза и диаметра роговицы, а также расчета дозирования рецессии медиальной прямой мышцы от лимба.

4. Клиническая эффективность применения при сходящемся содружественном неаккомодационном косоглазии разработанной методики «Strabo soft» существенно превышает традиционную методику «STRABO», что подтверждается (у детей с отсутствием слияния до операции) более высокой точностью прогнозирования остаточного угла косоглазия (100% против 77,8%, $p < 0,05$ от общего числа глаз) и абсолютным показателем отклонения от прогноза ($2 \pm 1,8^0$ по сравнению с $4 \pm 2,9^0$, $p < 0,05$, соответственно).
5. Сравнительная оценка отдаленных (12 месяцев) функциональных результатов хирургического лечения содружественном неаккомодационном косоглазии в педиатрической практике свидетельствует, что разработанный персонализированный подход («Strabo soft») обеспечивает (по сравнению с традиционной методикой «STRABO») статистически значимое (p - от $< 0,01$ до $< 0,05$) повышение базовых показателей бинокулярного зрения, что подтверждается частотой восстановления бифовеального слияния (100% по сравнению с 94,7%) и бинокулярного зрения (94,8% и 93%), а также остаточной амблиопии (3,4% и 15,8%) соответственно.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При проведении хирургического лечения детей с наличием сходящегося содружественного неаккомодационного косоглазия дозирование целесообразно рассчитывать по индивидуальной методике «Strabo soft» (доступна в сети Интернет по адресу <https://strabosoft.ru/#calculation>).
2. Для измерения поперечного размера глазного яблока рекомендуется выполнять В-сканирование с применением линейного ультразвукового контактного датчика. При использовании любого В-скана необходимо обращать внимание на устанавливаемые системой автоматически скорости ультразвука и при необходимости вручную регулировать их на 1532 м/с.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Азнаурян, И.Э. Результаты хирургического лечения сходящегося содружественного неаккомодационного косоглазия у детей, оперированных с использованием новой индивидуальной схемы дозирования / Азнаурян И.Э., Баласанян В.О., Шпак А.А., Узиев М.И. // **Российская детская офтальмология**. - 2019. - №2. - С.10-15.
2. Азнаурян, И.Э. Измерение поперечного размера глазного яблока методом В-сканирования с использованием линейного датчика / Азнаурян И.Э., Шпак А.А., Баласанян В.О., Узиев М.И., Е.А. Кудряшова // **Российская детская офтальмология**. - 2020. - №4. - С.36-41.
3. Азнаурян, И.Э. Роль малотравматичной хирургии в реабилитации пациентов с косоглазием / Азнаурян И.Э., Баласанян В.О., Шпак А.А., Узиев М.И., Кудряшова Е.А. // **Современные технологии в офтальмологии**. - 2020. - №4. - С.250.

4. Азнаурян, И.Э. Эффективность применения новой индивидуальной схемы дозирования STRABO soft при хирургическом лечении сходящегося содружественного неаккомодационного косоглазия у детей /Азнаурян И.Э., Баласанян В.О., Шпак А.А., **Узуев М.И.**, Кудряшова Е.А. // Современные технологии в офтальмологии. - 2020. - №4. - С.249-250.
5. Азнаурян, И.Э. Хирургическое лечение сходящегося содружественного неаккомодационного косоглазия у детей с использованием оптимизированной индивидуальной схемы дозирования STRABO soft /Азнаурян И.Э., Баласанян В.О., Шпак А.А., **Узуев М.И.**, Кудряшова Е.А. // **Российская детская офтальмология.** - 2021. - №4. – С.18-25.
6. Азнаурян, И.Э. Малотравматичная техника хирургического лечения косоглазия STRABO sage в реабилитации пациентов с косоглазием / Азнаурян И.Э., Баласанян В.О., Шпак А.А., **Узуев М.И.**, Кудряшова Е.А. // **Офтальмохирургия.** – 2021. - №4. - С.38-44.

Свидетельство РФ на программное обеспечение по теме диссертации

Азнаурян И.Э., Баласанян В.О., Кудряшова Е.А., **Узуев М.И.** Система математического моделирования хирургии пациентов с горизонтальным содружественным косоглазием (Strabosoft) // Свидетельство о регистрации программы для ЭФМ №2020665622 дата регистрации в Государственном реестре изобретений РФ 27 ноября 2020.

Список сокращений

- АЭ – анатомический экватор
- МПМ – медиальная прямая мышца
- НКС – нормальная корреспонденция сетчаток
- ОУ – объективный угол косоглазия
- ПЗО – длина передне-задней оси глаза
- УЗ – ультразвуковая
- ФСП – функциональная скотома подавления