

На правах рукописи

Лавер Александр Богданович

**КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ И
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЛЕЧЕНИЯ НАРУШЕНИЙ БИНОКУЛЯРНОГО
ЗРЕНИЯ У ДЕТЕЙ С ЧАСТИЧНОЙ
АТРОФИЕЙ ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА**

3.1.5. Офтальмология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Москва – 2026

Работа выполнена на кафедре глазных болезней Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства.

Научный руководитель:

Доктор медицинских наук, **Рычкова Светлана Игоревна**

Официальные оппоненты:

Тарутта Елена Петровна, доктор медицинских наук, профессор, начальник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней имени Гельмгольца» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

Апрелев Александр Евгеньевич, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой офтальмологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Оренбург

Ведущая организация:

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

Защита состоится «24» июня 2026 г. в 14:00 часов 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 России по адресу: 125371, Москва, Волоколамское шоссе, д. 91 и на сайте диссертационного совета <http://medprofedu.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2026 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор медицинских наук, профессор

Полунина Елизавета Геннадьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность и степень разработанности темы

Одной из актуальных задач современной офтальмологии является изучение патологии зрительного нерва, составляющей 15-20% среди причин слепоты и слабовидения (Егорова Т.С., 2018; Сторожилова Д.А. и др., 2025).

Атрофия зрительного нерва представляет собой дегенеративный процесс в аксонах третьего нейрона зрительного пути – от ганглиозных клеток сетчатки до латерального колленчатого тела. Она может быть полной и частичной (ЧАЗН), врожденной и приобретенной. Причинами приобретенной ЧАЗН могут быть сосудистая патология, воспалительные и демиелинизирующие заболевания, опухоли головного мозга. Причинами врожденной ЧАЗН может быть наследственная и перинатальная патология (Мосин И.М., 2002; Закирова Г.З. с соавт., 2021; Turan K.E. et.al., 2018).

Клиническая картина ЧАЗН представляет собой симптомокомплекс, характеризующийся ухудшением центрального, периферического и бинокулярного зрения. При этом ЧАЗН часто сопровождается косоглазием и нистагмом, что может быть как причиной, так и следствием нарушений бинокулярных зрительных функций, а отсутствие бинокулярного зрения является дополнительным фактором, снижающим качество жизни таких пациентов (Мосин И.М., 2002; Маркова Е.Ю., 2016; Сидоренко Е.Е. с соавт., 2022; Лобанова И.В. с соавт., 2025; Espinasse-Berrod M.-A., 2018).

На сегодняшний день накоплен значительный опыт в использовании физиотерапевтических, функциональных и нейротрофических методов лечения ЧАЗН, а также исследуются возможности иммунотерапии и применения стволовых клеток при данной патологии (Иойлева Е.Э. с соавт., 2018; Сидоренко Е.Е. с соавт., 2022; Voys, S.E. et.al., 2013; Uddin, F. et.al., 2020). В частности, использование традиционной чрескожной электростимуляции (ЧЭС) в качестве самостоятельного метода физиотерапии или в комбинации с медикаментозным лечением, обусловлено его способностью восстанавливать проведение ритмических импульсов по зрительному нерву и стимулировать процессы восстановления и нормализации функционирования зрительного анализатора (Бикбов М.М. 2014; Сафина З.М. с соавт., 2014; Сафин Ш.М. с соавт., 2020; Лобанова И.В. с соавт., 2025).

Наряду с этим, в плане функционального лечения ЧАЗН с наличием косоглазия заслуживает внимание рассмотрение современного метода развития сенсорной фузии на основе попеременного разобщения полей зрения (фазовой гаглоскопии) при помощи жидкокристаллических (ЖК) - очков Strabo Glasses (Азнаурян И.Э., 2020, 2021).

Между тем, несмотря на достигнутые успехи в области применения методов лечения, направленных на улучшение и сохранение центрального и периферического зрения, проблема диагностики и лечения нарушений бинокулярного зрения при ЧАЗН рассматривается обычно в рамках возможности хирургического устранения или уменьшения девиации с косметической целью при сочетании ЧАЗН с косоглазием. При этом многие вопросы, касающиеся пространственного восприятия у пациентов с ЧАЗН, остаются неизученными (Фомина, Е.В. с соавт., 2018; Писаревская О.В. с соавт., 2022; Сторожилова Д.А. с соавт. 2025; Espinasse-Berrod M.-A., 2018).

Таким образом, проблема функциональных нарушений бинокулярного зрения у детей с ЧАЗН актуальна и требует комплексного рассмотрения как в концептуальном плане с позиции совершенствования системы диагностики, так и по отдельным частным направлениям, связанными с разработкой эффективных методов функционального лечения.

Цель работы – разработка и оценка клинической эффективности комплексной системы диагностики и функционального лечения нарушений бинокулярного зрения у детей с частичной атрофией зрительного нерва.

Основные задачи работы:

1. Провести у детей с врожденной ЧАЗН с наличием/отсутствием косоглазия сравнительную (с контрольной группой без патологии органа зрения) оценку центрального, периферического и бинокулярного зрения, а также электрофизиологических показателей.
2. Оценить состояние пространственного восприятия (по выраженности стереокинетического эффекта) и зрительной памяти у детей с врожденной ЧАЗН при наличии/отсутствии косоглазия в сравнении с показателями детей контрольной группы без патологии органа зрения.
3. Разработать алгоритм комплексной системы диагностики нарушений бинокулярного зрения у детей с ЧАЗН.
4. Оценить состояние монокулярных и бинокулярных зрительных функций, пространственного восприятия и зрительной памяти у детей с приобретенной ЧАЗН, перенесших опухоли головного мозга.
5. Провести сравнительный анализ клинической эффективности функционального лечения детей с ЧАЗН на основе фазовой гаплоскопии (жидкокристаллические очки «Strabo glasses») при одиночном и комбинированном (с традиционной чрескожной электростимуляцией) применении метода.

Основные положения, выносимые на защиту диссертационной работы:

1. Разработана система диагностики зрительных функций у детей с частичной атрофией зрительного нерва при наличии/отсутствии косоглазия, отличающаяся от традиционной комплексной оценкой сенсорного, моторного и аккомодационного компонентов бинокулярного зрения с возможностью выявления нарушений бинокулярных зрительных функций, пространственного восприятия и зрительной памяти, что в целом обеспечивает персонализированный подход к определению тактики лечения при наличии или отсутствии косоглазия.
2. Фазовая гаплоскопия (применение жидкокристаллических очков «Strabo glasses» по разработанной методике, Евразийский патент №048723-2024г.) является эффективным методом функционального лечения детей с частичной атрофией зрительного нерва, что подтверждается (по сравнению с традиционной чрескожной электростимуляцией) достижением после курса тренировок существенно более высокого уровня практически всех диагностических критериев бинокулярного зрения.

Научная новизна работы

Впервые в офтальмо-педиатрической практике разработана (с доказанной клиническо-диагностической эффективностью) комплексная система диагностики и функционального лечения (на основе метода фазовой гаплоскопии) нарушений бинокулярного зрения у детей с ЧАЗН.

Установлено, что состояние бинокулярного зрения у детей с ЧАЗН с косоглазием характеризуется наличием функциональной скотомы подавления (62,4% случаев), а также минимальной вероятностью бинокулярного характера зрения (5,9%) и наличия стереозрения (2,4%).

Определено, что ведущее место в структуре глазной патологии у детей с оперированными опухолями головного мозга, находящихся в периоде ремиссии (n=224) занимает нисходящая ЧАЗН, сопровождаемая косоглазием в 38,6% случаев.

Установлена (по сравнению с традиционной чрескожной электростимуляцией) существенно более высокая клиническая эффективность метода фазовой гаплоскопии (ЖК - очки «Strabo glasses» по разработанной методике, Евразийский патент №048723-2024г.), что подтверждается увеличением количества детей с наличием ортотропии, нормальной корреспонденции сетчаток, бинокулярного зрения и стереозрения на 12,5-34,4 % ($p < 0,01$).

Теоретическая значимость работы заключается в расширении современных представлений о нарушениях взаимодействия сенсорного, моторного и аккомодационного компонентов

бинокулярного зрения, состоянии зрительной памяти и пространственного восприятия у детей с врожденной частичной атрофией зрительного нерва в сочетании с косоглазием и без косоглазия.

Практическая значимость работы заключается в разработке рекомендаций по включению тренировок бинокулярного зрения с использованием жидкокристаллических очков «Strabo glasses» в процессе функционального лечения врожденной частичной атрофии зрительного нерва у детей.

Методология и методы исследования

В работе использован комплексный подход к оценке результатов, основанный на применении клинических, электрофизиологических и субъективных показателей зрительной системы пациента с соблюдением правил научных исследований и принципов биоэтики.

Степень достоверности результатов

Степень достоверности результатов исследования основывается на адекватных и апробированных методах сбора клинического материала (411 пациентов, 822 глаза) а также применении современных методов статистической обработки.

Внедрение работы

Результаты диссертационной работы включены в программу обучения врачей-ординаторов на базе кафедры глазных болезней МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России; применяются на базе кабинета офтальмолога ШО№5 (для детей с офтальмопатологией) ГБОУ Школа 1499 (г.Москва); внедрены в клиническую практику офтальмологической сети Детских глазных болезней «Ясный Взор» (г. Москва); используются в обследовании детей, перенесших опухоли головного мозга и получающих курсы реабилитационного лечения на базе лаборатории нейропсихологии НИИ развития мозга и высших достижений ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы».

Апробация и публикация материалов исследования

Основные материалы диссертационной работы доложены и обсуждены на Российском общенациональном офтальмологическом форуме (Москва, 2023, 2024); научной конференции офтальмологов с международным участием «Невские горизонты – 2024» (Санкт-Петербург, 2024); IX Байкальских офтальмологических чтениях «Традиции и инновации в офтальмологии» (Иркутск, 2024); XXIII научно-практической нейроофтальмологической конференции (Москва, 2024); международном научно-практическом форуме молодых ученых и специалистов «Ильинские чтения» (Москва, 2024, 2025); VII научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Научный авангард» (Москва, 2024, 2025);

международной конференции «World Ophthalmology & Optometry Congress 2024» (Барселона, 2024); международной научно-практической конференции «Тбилисская Международная Офтальмологическая Конференция (ТЮОС) (Тбилиси, 2025).

Диссертация апробирована на кафедре глазных болезней МБУ ИНО ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России (03.03.2026).

По теме диссертации опубликовано 16 работ, в том числе 7 – в журналах, рекомендованных ВАК, 6 публикаций в сборниках (5 – в отечественных, 1 – в зарубежном), 1 методическое пособие, 1 глава в монографии, получен 1 патент на изобретение (Евразийский патент №048723, заявка от 26.06.2024)

Структура диссертации

Диссертация изложена на 120 страницах компьютерного текста, состоит из введения, основной части (главы «Обзор литературы», «Материалы и методы исследования», «Результаты исследования и их обсуждение»), заключения, выводов, списка сокращений и списка литературы. Диссертация иллюстрирована 11 таблицами и 37 рисунками. Список литературы содержит 187 источников, из которых 111 – отечественных авторов и 76 – иностранных.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материал и методы исследования

Исследования проводились: на базе кабинета охраны зрения школы 1499 ШО №5 (для детей с офтальмопатологией) г.Москвы; НИИ развития мозга и высших достижений РУДН, детских клиник «Ясный взор».

Общая группа включала 411 детей (822 глаза) в возрасте от 7 до 17 лет:

- 1) 120 детей с врожденной ЧАЗН, из которых 85 детей с косоглазием (средний возраст $13,7 \pm 2,7$ лет) и 35 детей без косоглазия (средний возраст $14,2 \pm 2,5$ лет) со следующими критериями включения: наличие двусторонней врожденной, обусловленной перинатальной патологией, ЧАЗН, подтвержденной электрофизиологическими исследованиями (ЭРГ, ЗВП); отсутствие наследственных заболеваний сетчатки, зрительного нерва (в том числе амавроза Лебера) и ретинопатии недоношенных.
- 2) 224 ребенка, перенесших опухоли головного мозга, (средний возраст $13,5 \pm 2,6$ лет) со следующими критериями включения: ремиссия (более 6-и месяцев) после окончания лечения основного заболевания, отсутствие тяжелой неврологической или соматической патологии.

3) 67 детей контрольной группы (средний возраст $12,8 \pm 0,4$ лет) без офтальмологической патологии, с критериями включения: острота зрения без коррекции не меньше 1,0, эмметропическая рефракция, ортотропия, наличие бинокулярного зрения.

Стандартное офтальмологическое обследование включало: рефрактометрию (авторефрактометр «Huvitz НКЛ-1» (Корея); определение не корригированной (НКОЗ) и максимально корригированной (МКОЗ) остроты зрения по таблицам Сивцева-Головина; биомикроскопию и обратную офтальмоскопию с линзой 60 дптр «Volk Optical» (США) на щелевой лампе «Nidek» (Япония); периметрию (ручной анализатор поля зрения «ПНР-03» (Россия)); определение объема абсолютной аккомодации (ОАА) на аккомодометре «АКА-01» (Россия).

Комплексное функциональное обследование включало в себя: электрофизиологические показатели (порог электрической чувствительности (ПЭЧ) и электрическую лабильность, ЭЛ) при помощи чрескожного офтальмологического электростимулятора ЭСОМ (МНПП «Нейрон»); характер зрения по четырехточечному цветотесту; величину девиации и фузионную способность на синоптофоре; наличие стереозрения по Fly-test и Lang-test; выраженность стереокинетического эффекта при помощи компьютерной программы М.В. Жмурова (Рычкова с соавт., 2019, 2022); показатели зрительной памяти при помощи компьютерной программы «Экспо» (ИППИ РАН). Все исследования проводили в соответствии с положениями Хельсинкской Декларации Всемирной медицинской ассоциации (1996, 2002). Информированное согласие законных представителей было получено для всех детей.

В функциональном лечении детей с врожденной ЧАЗН использовали чрескожную электростимуляцию (ЧЭС), занятия с жидкокристаллическими очками «Strabo glasses» (ЖКО) и комбинированное лечение (сочетание ЧЭС и занятий с ЖКО). Лечение проводили на базе кабинета офтальмолога школы 1499 ШО№5 (для детей с офтальмопатологией) г.Москвы.

Лечебную ЧЭС выполняли по стандартной методике при помощи чрескожного электростимулятора ЭСОМ (МНПП «Нейрон») (Сафина З.М. с соавт., 2014). Курс лечения составлял 20 ежедневных процедур.

ЖКО (регистрационное удостоверение на медицинское изделие № РЗН 2024/22979), разработанные в детских глазных клиниках «Ясный Взор», использовались ранее в функциональном лечении содружественного косоглазия и амблиопии (Азнаурян И.Э. с соавт., 2020, 2021, 2023). В данной работе очки ЖКО были впервые использованы по новому назначению (для лечения нарушений бинокулярного зрения у детей с ЧАЗН) по модифицированной методике (Евразийский патент №048723 заявка от 26.06.2024). Длительность альтернирующего затемнения на первом этапе (10 занятий) составляла 150 мс,

на втором этапе (еще 10 занятий) – 50 мс. Длительность каждого занятия составляла 20 минут. У детей с аметропией использовали соответствующую оптическую коррекцию, а при наличии косоглазия – призматическую компенсацию девиации.

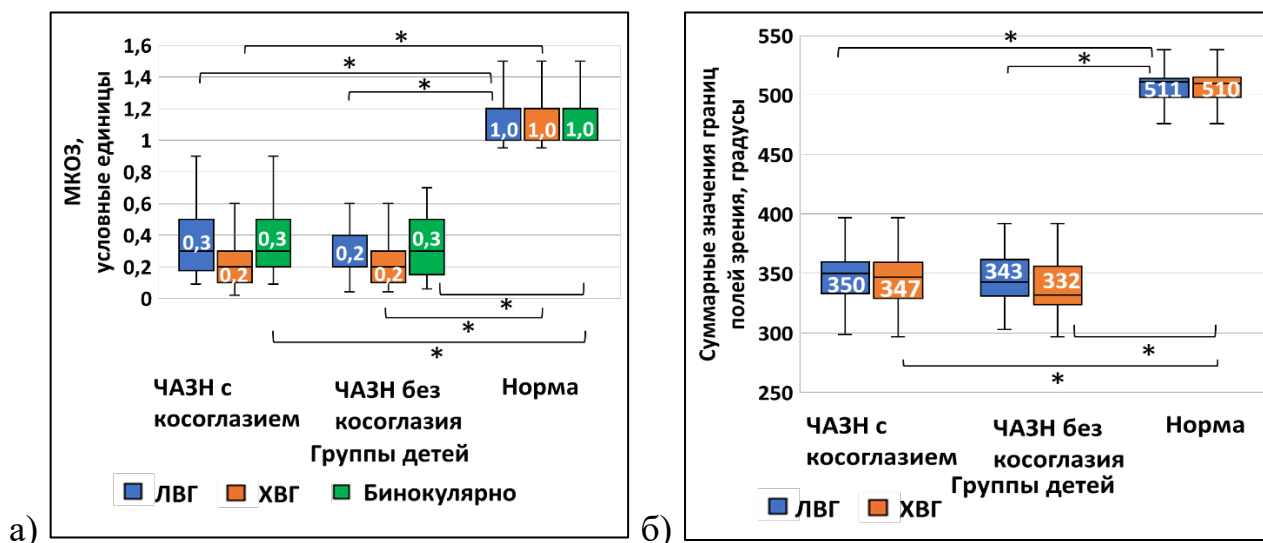
Статистический анализ результатов исследования проводился при помощи программы SPSS statistics, ver.25 (IBM, США). Для построения диаграмм использовали программу Excel (Microsoft office 2019, Microsoft, США). Оценивали нормальность распределения признаков по критериям Шапиро-Уилка и Колмогорова-Смирнова. В связи с тем, что распределение большинства показателей не являлось нормальным ($p < 0,05$), использовали непараметрические критерии (Манна-Уитни для межгруппового и Уилкоксона для внутригруппового сравнения). Проводили дисперсионный анализ ANOVA и корреляционный анализ с использованием параметрического критерия Пирсона или непараметрического критерия Спирмена. Для сравнения набора частот применяли критерий χ^2 Пирсона для несвязанных выборок и χ^2 Фридмана для связанных выборок. Статистически значимой разницей принимали $p < 0,05$ для одной пары сравнений и $p < 0,017$ для трех пар сравнений (учитывая поправку Бонферрони).

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты диагностики зрительных функций у детей с врожденной ЧАЗН

Обследовали 120 детей в возрасте от 7 до 17 лет с врожденной двусторонней ЧАЗН: 1) 85 детей с косоглазием (средний возраст $13,7 \pm 2,7$ лет); 2) 35 детей без косоглазия (средний возраст $14,2 \pm 2,5$ лет). По основным клиническим показателям группы детей с ЧАЗН с косоглазием и без косоглазия были сопоставимы ($p > 0,05$). Контрольная группа включала 67 детей в возрасте от 7 до 17 (средний возраст $12,8 \pm 0,4$ лет) без офтальмопатологии.

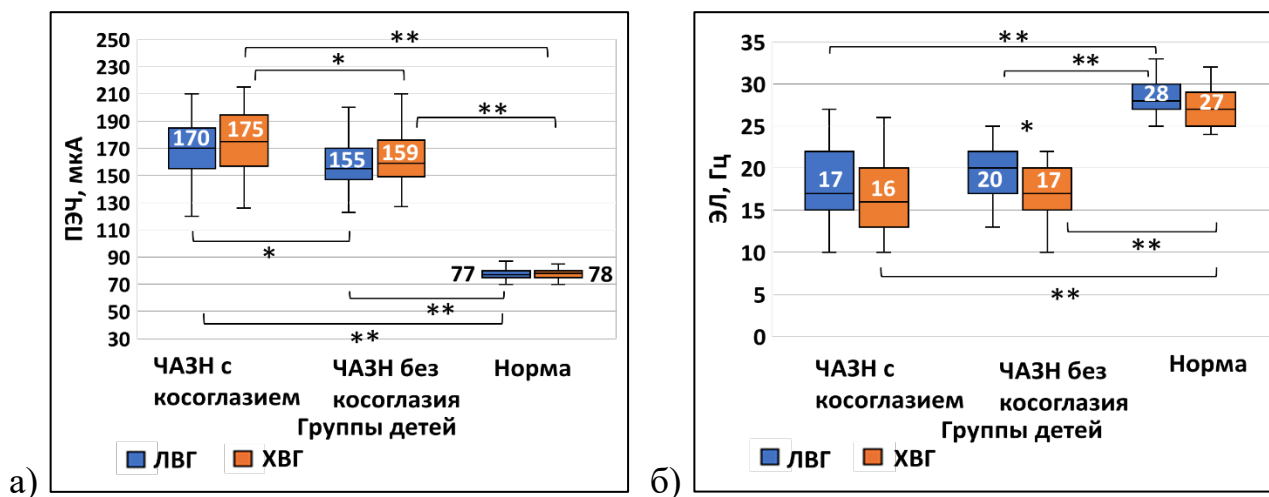
У детей с ЧАЗН показатели остроты зрения и полей зрения были значительно ниже, чем в контрольной группе ($p < 0,001$) и сопоставимы при ЧАЗН с косоглазием и без косоглазия ($p > 0,05$) (рисунок 1).



Примечание: $*p<0,001$, МКОЗ – максимально корригированная острота зрения, ЛВГ – лучше видящий глаз, ХВГ – хуже видящий глаз

Рисунок 1 – Показатели МКОЗ (а) и суммарных значений границ полей зрения (б) в разных группах детей

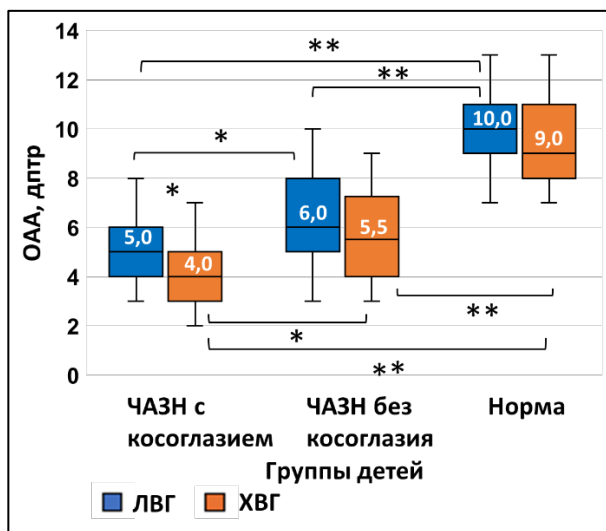
Отмечали ухудшение электрофизиологических показателей в виде повышения ПЭЧ и снижения ЭЛ у детей с ЧАЗН по сравнению с контрольной группой ($p<0,001$). При этом значения ПЭЧ при сочетании ЧАЗН с косоглазием были достоверно выше, чем при ЧАЗН без косоглазия ($p<0,01$) (рисунок 2).



Примечание: $**p<0,001$, $*p<0,01$, ПЭЧ – порог электрической чувствительности, ЭЛ – электрическая лабильность, ЛВГ – лучше видящий глаз, ХВГ – хуже видящий глаз

Рисунок 2 – Показатели ПЭЧ (а) и ЭЛ (б) в разных группах детей

ОАА у детей с ЧАЗН (как с косоглазием, так и без косоглазия) был значительно меньше нормы ($p<0,001$). При сочетании ЧАЗН с косоглазием ОАА хуже видящего (косящего) глаза был достоверно ниже, чем лучше видящего (фиксирующего) ($p=0,01$) (рисунок 3).



Примечание: $*p<0,01$, $**p<0,001$,
ОАА – объем абсолютной аккомодации,
ЛВГ – лучше видящий глаз, ХВГ – хуже видящий глаз

Рисунок 3 – Показатели ОАА у детей разных групп

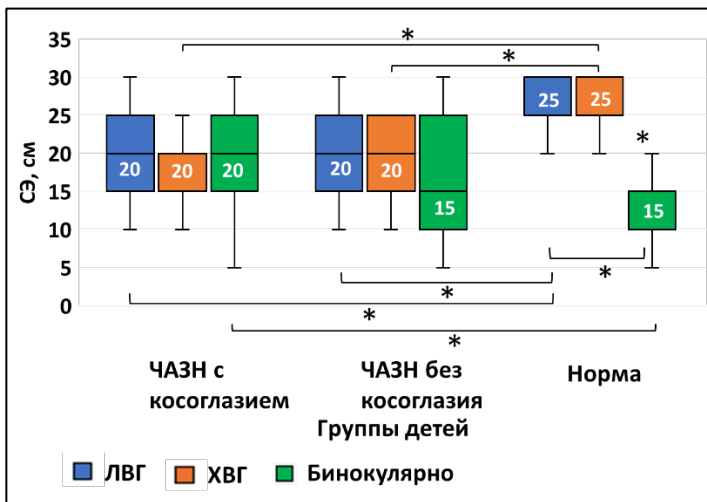
В группе детей с ЧАЗН с косоглазием характер зрения только у пяти (5,9%) детей был неустойчивым бинокулярным и только у 2 (2,4%) детей с непостоянным косоглазием выявлялось стереозрение по Fly-test. В группе детей с ЧАЗН без косоглазия характер зрения был бинокулярным, но у 14 (40%) из них он был неустойчивым. Стереозрение по Fly-test выявлялось только 17 (48,6%) детей с ЧАЗН без косоглазия. Lang-test был отрицательным у всех детей с ЧАЗН (как с косоглазием, так и без косоглазия) (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение детей в трех группах в зависимости от состояния корреспонденции сетчаток, характера зрения и наличия стереозрения

Бинокулярные зрительные функции		Группы детей		
		ЧАЗН с косоглазием (n=85)	ЧАЗН без косоглазия (n=35)	Группа контроля (n=67)
Корреспонденция сетчаток, абсолютное число детей (%)	Нормальная корреспонденция сетчаток	32 (37,6)	35 (100)	67 (100)
	Функциональная скотома подавления	53 (62,4)	0	0
Характер зрения, абсолютное число детей (%)	Бинокулярный	5 (5,9)	35 (100)	67 (100)
	Одновременный	28 (32,9)	0	0
	Монокулярный	52 (61,2)	0	0
Наличие стереозрения, абсолютное число детей (%)	Fly-test	2 (2,4)	17 (48,6)	67 (100)
	Lang-test	0	0	67 (100)

Амплитуда фузии (у детей с нормальной корреспонденцией сетчаток) при ЧАЗН без косоглазия (8 [7; 10] градусов) была достоверно больше, чем при ЧАЗН с косоглазием (4 [0; 6] градусов) ($p < 0,001$), но меньше, чем у детей контрольной группы (18 [16; 20] градусов) ($p < 0,001$).

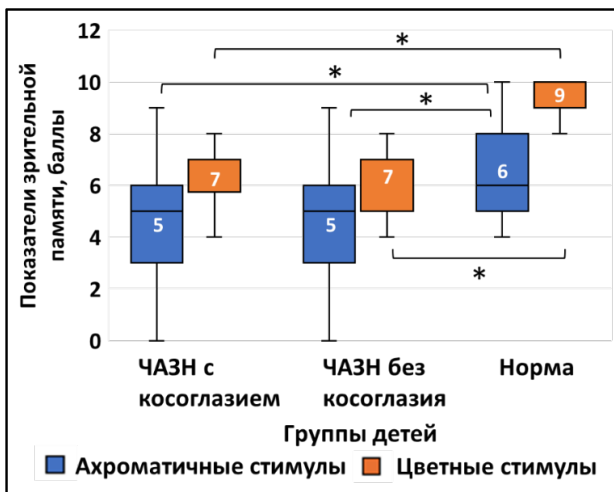
Величина монокулярных и бинокулярных оценок выраженности СЭ у детей с ЧАЗН (как с косоглазием, так и без косоглазия) была сопоставима ($p > 0,05$) за счет снижения монокулярных значений и повышения бинокулярных, что отражало доминирование монокулярного механизма пространственного восприятия у детей с ЧАЗН. В контрольной группе монокулярные оценки значительно превышали бинокулярные ($p < 0,001$), что соответствовало нормальным «силовым» соотношениям монокулярного и бинокулярного механизмов (рисунок 4).



Примечания: * $p < 0,001$,
СЭ – стереокинетический эффект,
ЛВГ – лучше видящий глаз, ХВГ – хуже видящий глаз

Рисунок 4 – Показатели выраженности СЭ в разных группах детей

Показатели зрительной памяти с ахроматичными и цветными стимулами в обеих группах детей с ЧАЗН были достоверно хуже, чем в норме ($p < 0,001$). Показатели детей с ЧАЗН с косоглазием и без косоглазия были сопоставимы ($p > 0,05$) (рисунок 5). Не выявлено достоверной зависимости показателей зрительной памяти и СЭ от возраста обследованных детей ($p > 0,05$).



Примечание: * $p < 0,001$

Рисунок 5 – Показатели зрительной памяти при исследовании с ахроматичными и цветными стимулами в разных группах детей

Таким образом, разработанная система комплексной диагностики зрительных функций у детей с ЧАЗН включала оценку сенсорные, моторных и аккомодационных компонентов бинокулярного зрения (рисунок 6).

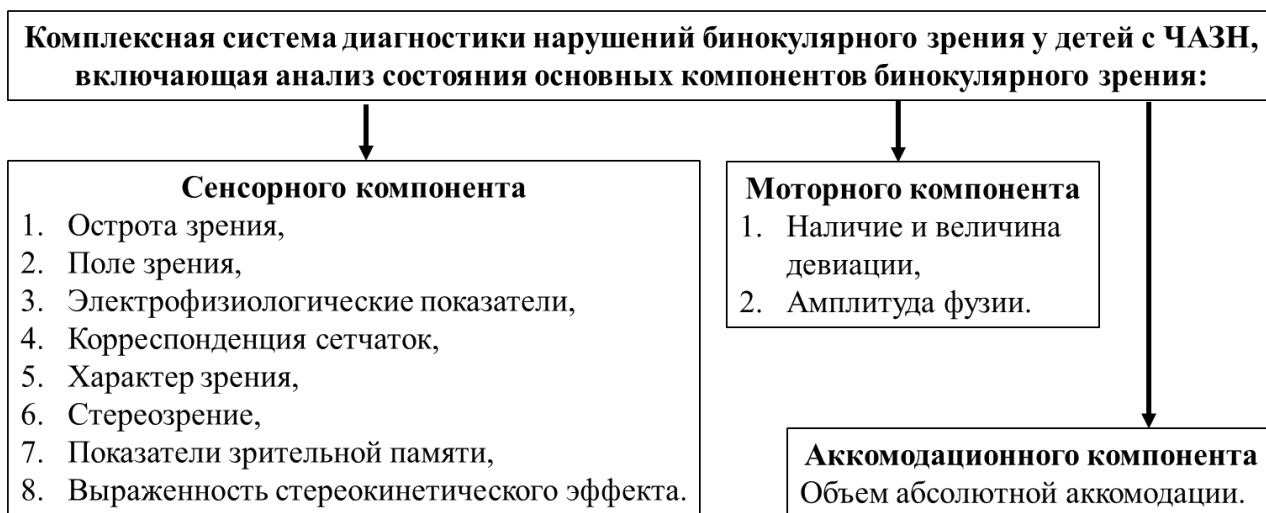


Рисунок 6 - Схема алгоритма разработанной комплексной системы диагностики зрительных функций у детей с частичной атрофией зрительного нерва

Благодаря использованию комплексного персонализированного подхода к исследованию центрального, периферического и бинокулярного зрения у детей с ЧАЗН, было установлено, что, наряду с известными клиническими признаками (снижение остроты зрения, сужение полей зрения, ухудшение электрофизиологических показателей), совокупность нарушений бинокулярных зрительных функций (отсутствие бинокулярного и стереозрения, снижение фузионной и аккомодационной способности, ухудшение зрительной памяти и доминирование монокулярного механизма пространственного восприятия) наблюдается у детей не только при сочетании ЧАЗН с косоглазием, но и при ЧАЗН без косоглазия.

Результаты диагностики зрительных функций у детей с приобретенной ЧАЗН, перенесших опухоли головного мозга

С целью анализа эффективности комплексной системы диагностики бинокулярных зрительных функций у детей с приобретенной ЧАЗН, проводили исследование в группе 224 детей в возрасте от 7 до 17 лет, перенесших опухоли головного мозга (ОГМ), находящихся в периоде ремиссии. Из них 153 (68,3%) ребенка с ЧАЗН и 71 (31,7%) – без ЧАЗН. Наиболее частой локализацией опухоли была область мозжечка и IV желудочка (58,2% детей с ЧАЗН и 63,4% детей без ЧАЗН), а наиболее частым видом опухоли – медуллобластома (43,2% детей с ЧАЗН и 42,3% детей без ЧАЗН). Косоглазие наблюдалось у 38,6% детей с ЧАЗН и у 19,7% детей без ЧАЗН.

Состояние монокулярных и бинокулярных зрительных функций, зрительной памяти и пространственного восприятия исследовали в группе 45 детей в возрасте от 7 до 17 (в среднем $13,9 \pm 2,8$) лет, перенесших опухоли мозжечка и IV желудочка. Из них 23 ребенка с двусторонней нисходящей ЧАЗН и 22 ребенка без ЧАЗН.

У детей с ЧАЗН показатели МКОЗ (0,8 [0,4; 0,9] для ЛВГ и 0,7 [0,3; 0,9] для ХВГ) были существенно ниже нормы ($p < 0,001$), а у детей без ЧАЗН были сопоставимы с нормой ($p > 0,05$). ОАА у детей с ЧАЗН (4,25 [1,75; 6] дптр для обоих глаз) и без ЧАЗН (4,5 [2; 5,75] дптр для обоих глаз) был сопоставим ($p = 0,54$) и значительно меньше нормы (9 [8; 11] дптр) ($p < 0,001$).

Косоглазие наблюдалось у 17 (73,9%) детей с ЧАЗН и только у 8 (36,3%) детей без ЧАЗН ($p < 0,001$). При этом, у 7 из 17 детей с косоглазием оно было непостоянным и не больше 10 градусов. Нормальная корреспонденция сетчаток выявлялась в большинстве случаев в обеих группах – у 20 (86,9%) детей с ЧАЗН и у 21 (95,5%) детей без ЧАЗН, что может объясняться развитием опухоли у этих детей в возрасте старше 2-3 лет, когда механизм бифовеального слияния уже достаточно сформирован. При этом, амплитуда фузии была сопоставима у детей с ЧАЗН (11 [8; 14] градусов) и без ЧАЗН (7,9 [4; 13] градусов) ($p = 0,08$) и существенно ниже нормы (18 [16; 20] градусов) ($p < 0,01$).

Результаты исследования СЭ и зрительной памяти представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели выраженности СЭ и зрительной памяти у детей, перенесших опухоли мозжечка и IV желудочка в сравнении с показателями детей контрольной группы (по критерию Манна-Уитни)

Клинические характеристики		Группы детей			p
		с ЧАЗН (n=23)	без ЧАЗН (n=22)	Норма (n=67)	
		1	2	3	
Выраженность СЭ (см), Me [25; 75]	Лучше видящий глаз	22,5 [8; 25]	20 [8,75; 25]	25 [25; 30]	$p_{1-2} = 0,56$ $p_{2-3} = 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$
	Хуже видящий глаз	22,5 [6; 25]	20 [5,5; 25]	25 [25; 30]	$p_{1-2} = 0,48$ $p_{2-3} = 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$
	Бинокулярно	20 [10; 25]	20 [10; 25]	15 [10; 15]	$p_{1-2} = 0,91$ $p_{2-3} = 0,01$ $p_{1-3} = 0,01$
Показатели зрительной памяти, Me [25; 75] (баллы)	Ахроматичные стимулы	5 [4; 7]	6 [5; 8]	6 [5; 8]	$p_{1-2} = 0,2$ $p_{2-3} = 0,2$ $p_{1-3} = 0,47$
	Цветные стимулы	7 [7; 8]	8 [5,75; 9]	9 [9; 10]	$p_{1-2} = 0,81$ $p_{2-3} < 0,001$ $p_{1-3} = 0,001$

Выраженность СЭ была сопоставимой у детей с ЧАЗН и без ЧАЗН ($p > 0,05$). При этом в обеих группах монокулярные оценки были более низкими ($p \leq 0,001$), а бинокулярные более

высокими ($p=0,01$), чем в норме, что свидетельствовало о доминировании монокулярного механизма (таблица 2).

Показатели зрительной памяти с ахроматичными стимулами были сопоставимы во всех группах детей ($p>0,05$), а с цветными стимулами – сопоставимы у детей с ЧАЗН и без ЧАЗН ($p=0,81$), но достоверно ниже, чем в контрольной группе ($p\leq 0,001$) (таблица 2).

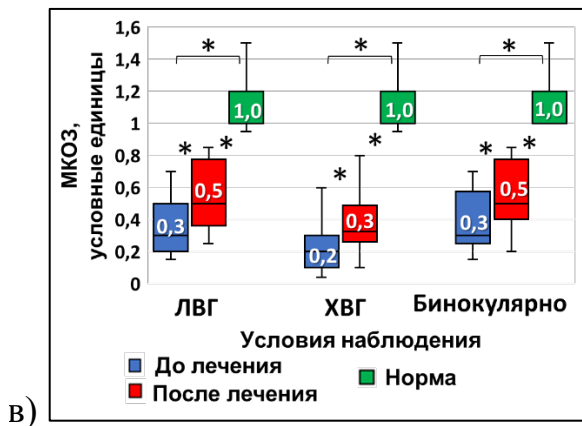
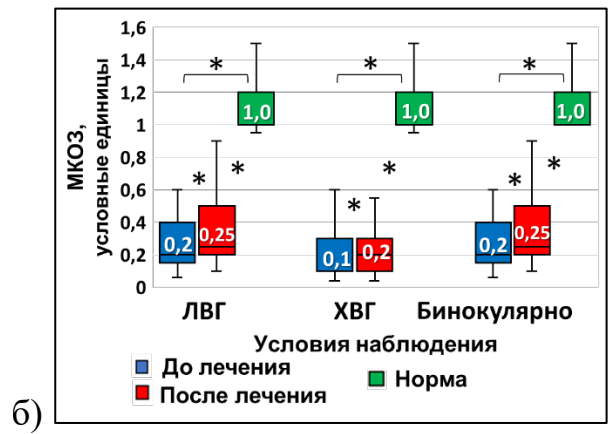
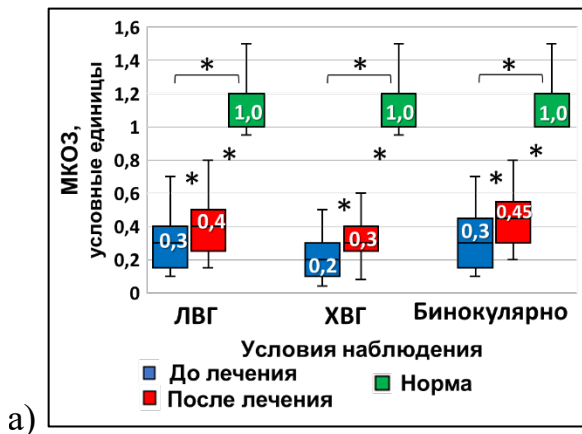
Таким образом, полученные результаты подтверждают данные других авторов о том, что у большинства детей с оперированными опухолями головного мозга нейроофтальмологическая симптоматика наблюдается не только в периоде развития заболевания, но и в периоде ремиссии (Серова Н.К. с соавт., 2018; Ырысов К.Б. с соавт., 2017). Согласно нашим данным, в периоде ремиссии у большинства детей могут наблюдаться (отдельно или в разных сочетаниях) ЧАЗН, глазодвигательная патология, нарушения бинокулярного зрения, зрительной памяти и пространственного восприятия.

Результаты функционального лечения детей с врожденной ЧАЗН

Наблюдали 99 детей школьного возраста с врожденной двусторонней ЧАЗН, обусловленной перинатальной патологией. В зависимости от проводимого лечения дети были разделены на три группы: 1) 32 ребенка, занимавшихся с жидкокристаллическими очками «Strabo glasses» (ЖКО); 35 детей, прошедших курс чрескожной электростимуляции (ЧЭС); 3) 32 ребенка, получивших комплексное лечение, включавшее тренировки бинокулярного зрения с жидкокристаллическими очками «Strabo glasses» и чрескожную электростимуляцию (ЖКО+ЧЭС).

Критериями включения во всех группах являлись: наличие двусторонней врожденной ЧАЗН, обусловленной перинатальной патологией и подтвержденной электрофизиологическими исследованиями (ЭРГ, ЗВП); возраст от 7 до 17 лет; острота зрения выше 0,05; величина девиации (при наличии косоглазия) до 7 градусов; отсутствие судорожной готовности и других противопоказаний; отсутствие наследственных заболеваний сетчатки, зрительного нерва (в том числе амавроза Лебера) и ретинопатии недоношенных. По основным клиническим характеристикам исследуемые группы детей были сопоставимы ($p>0,05$).

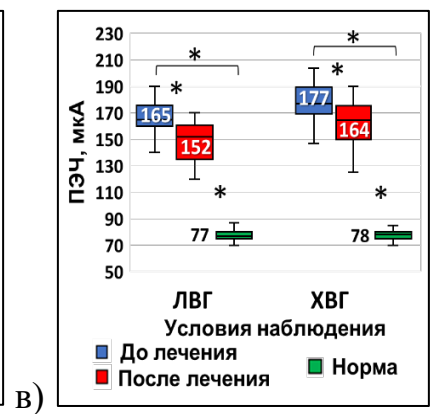
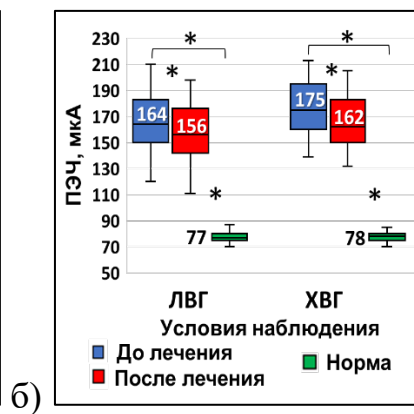
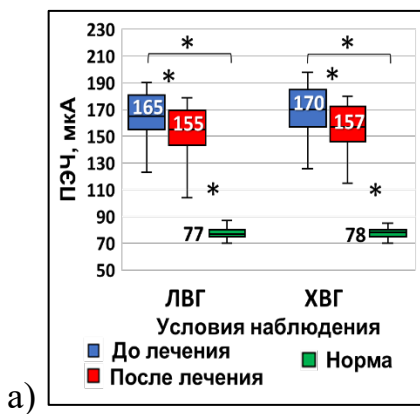
В результате лечения наблюдали достоверное повышение монокулярной и бинокулярной МКОЗ во всех трех группах ($p<0,001$), но более значительное в группах ЖКО и ЖКО+ЧЭС, чем в группе ЧЭС ($p<0,001$) (рисунок 7). При этом тенденция к более выраженному повышению монокулярной МКОЗ в группе ЖКО+ЧЭС, чем в группе ЖКО ($p=0,02$) с учетом поправки Бонферрони для трех пар сравнений ($p\leq 0,017$) не была статистически достоверной.



Примечания: * $p < 0,001$, МКОЗ – максимально скорректированная острота зрения, ЛВГ – лучше видящий глаз, ХВГ – хуже видящий глаз

Рисунок 7 – МКОЗ до и после лечения с использованием: ЖКО (а), ЧЭС (б), ЖКО+ЧЭС (в)

Отмечали существенное снижение ПЭЧ и повышение ЭЛ во всех трех группах ($p < 0,001$). При этом снижение ПЭЧ было сопоставимым ($p > 0,05$) в группах ЖКО и ЖКО+ЧЭС, и более выраженным ($p < 0,01$), чем в группе ЧЭС (рисунок 8).

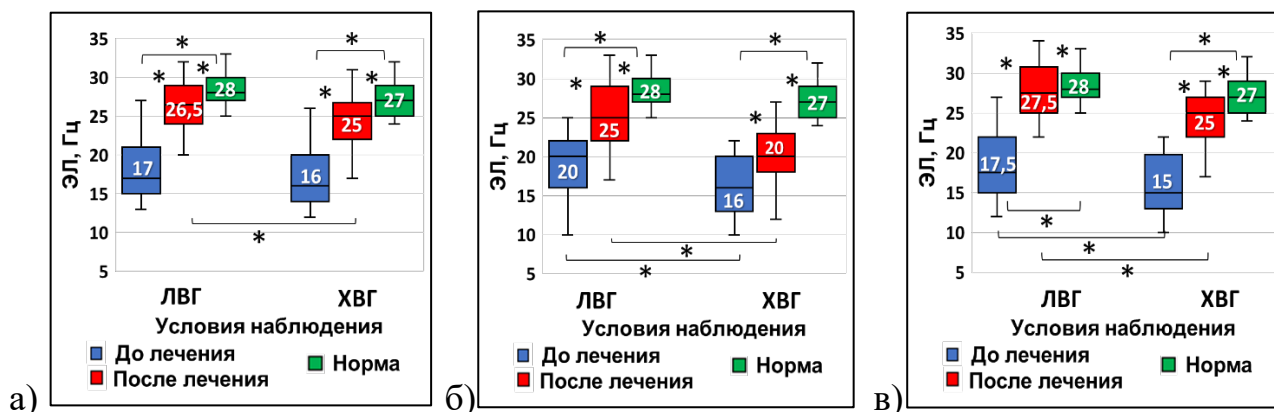


Примечания: * $p < 0,001$, ПЭЧ – порог электрической чувствительности, ЛВГ – лучше видящий глаз, ХВГ – хуже видящий глаз

Рисунок 8 – ПЭЧ до и после лечения с использованием ЖКО (а), ЧЭС (б), ЖКО+ЧЭС (в).

Повышение ЭЛ было достоверно более выраженным в группах ЖКО и ЖКО+ЧЭС, чем в группе ЧЭС ($p < 0,01$). Тенденция к более значительному повышению ЭЛ в группе

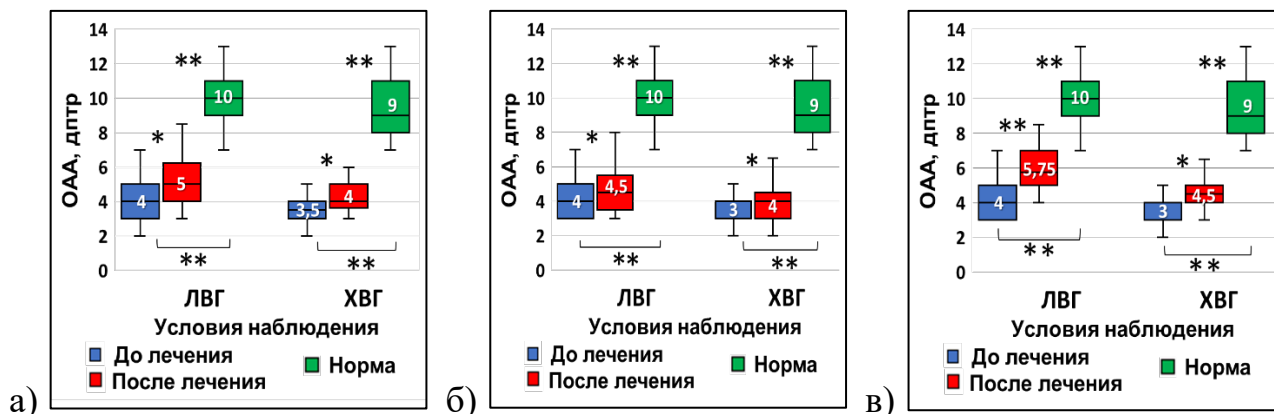
ЖКО+ЧЭС, чем в группе ЖКО ($p=0,03$) не была статистически достоверной с учетом поправки Бонферрони (рисунок 9).



Примечания: $*p<0,001$, ЭЛ – электрическая лабильность, ЛВГ - лучше видящий глаз, ХВГ – хуже видящий глаз

Рисунок 9 – ЭЛ до и после лечения с использованием ЖКО (а), ЧЭС (б), ЖКО+ЧЭС (в).

Увеличение ОАА наблюдали во всех группах ($p<0,001$), но более выраженное в группах ЖКО и ЖКО+ЧЭС, чем в группе ЧЭС ($p<0,001$). Тенденция к более существенной динамике ОАА в группе ЖКО+ЧЭС, чем в группе ЖКО ($p=0,02$) не была достоверной с учетом поправки Бонферрони (рисунок 10).



Примечания: $*p<0,001$, ОАА – объем абсолютной аккомодации, ЛВГ - лучше видящий глаз, ХВГ – хуже видящий глаз

Рисунок 10 – ОАА до и после лечения с использованием: ЖКО (а), ЧЭС (б), ЖКО+ЧЭС (в).

Увеличение количества детей с ортотропией и нормальной корреспонденцией сетчаток наблюдали в группах ЖКО и ЖКО+ЧЭС ($p<0,001$). В группе ЧЭС количество детей с ортотропией и нормальной корреспонденцией сетчаток не изменилось (рисунок 11, 12).

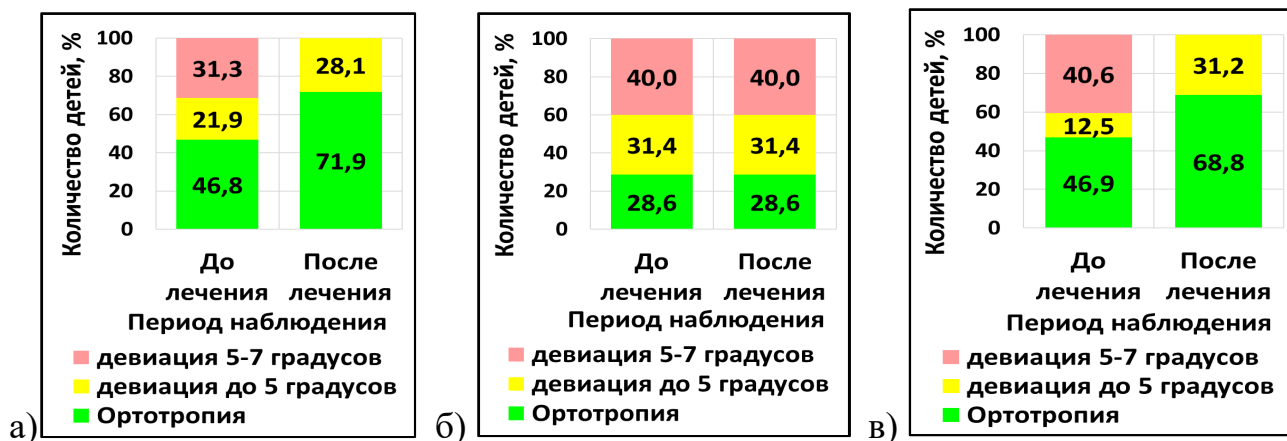
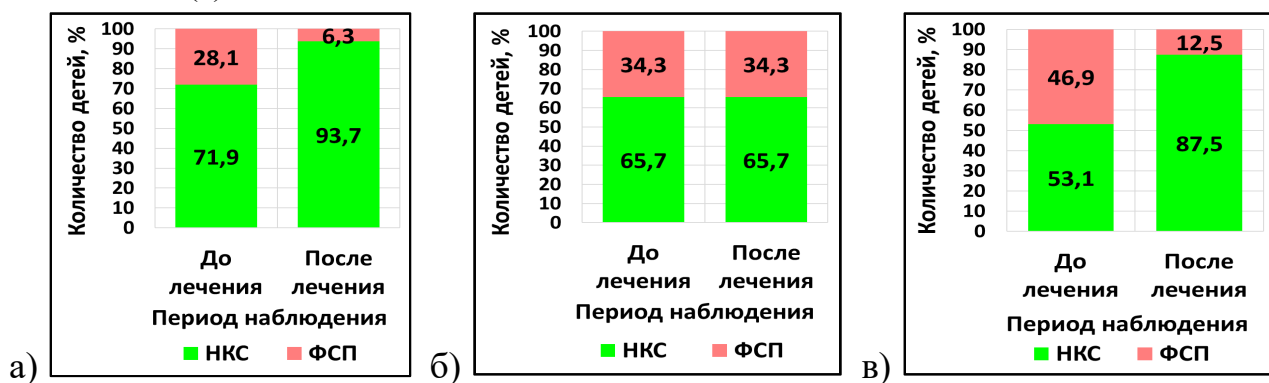


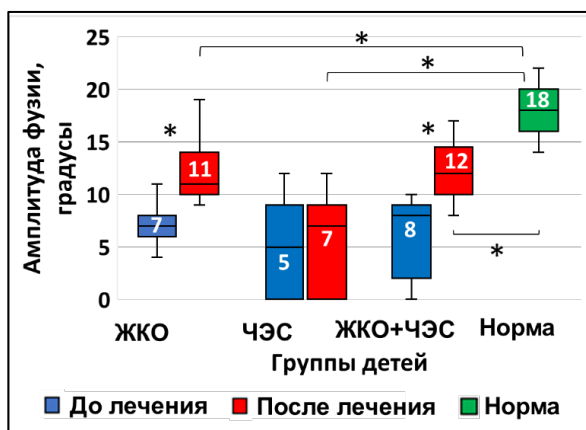
Рисунок 11 – Распределения детей до и после лечения с использованием: ЖКО (а), ЧЭС (б), ЖКО + ЧЭС (в)



Примечания: НКС – нормальная корреспонденция сетчаток, ФСП – функциональная скотома подавления

Рисунок 12 – Корреспонденция сетчаток до и после лечения с использованием: ЖКО (а), ЧЭС (б), ЖКО + ЧЭС (в)

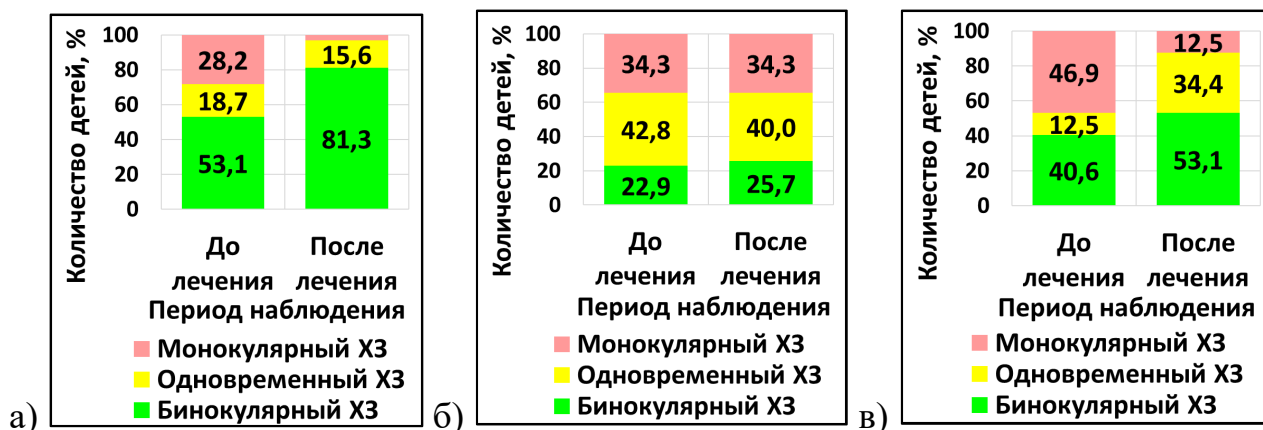
Амплитуда фузии у детей с нормальной корреспонденцией сетчаток (23 ребенка в группе ЖКО, 23 ребенка в группе ЧЭС и 17 детей в группе ЧЭС+ЖКО) достоверно увеличилась при использовании только ЖКО и ЖКО+ЧЭС ($p < 0,001$), но оставалась ниже нормы ($p < 0,001$). При этом динамика была сопоставимой в группах ЖКО и ЖКО+ЧЭС ($p = 0,06$). В группе детей, получавших только ЧЭС, достоверного увеличения амплитуды фузии не наблюдалось ($p = 0,15$) (рисунок 13).



Примечание: $*p < 0,001$

Рисунок 13 – Динамика амплитуды фузии до и после лечения в трех группах детей

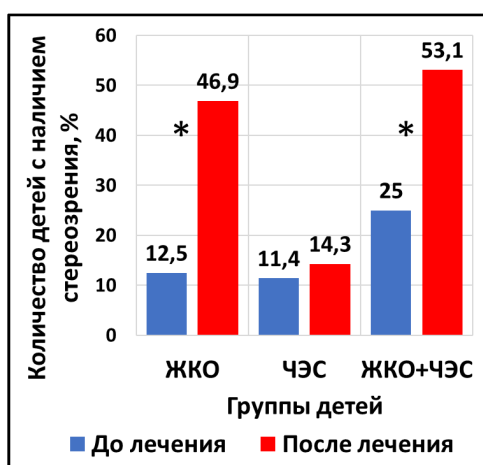
В группах ЖКО и ЖКО+ЧЭС, наблюдали увеличение количества детей с бинокулярным и уменьшение количества детей с монокулярным характером зрения ($p < 0,001$) (рисунок 14). При этом положительная динамика в группах ЖКО и ЖКО+ЧЭС была сопоставимой с учетом поправки Бонферрони ($p = 0,02$). В группе ЧЭС количество детей с монокулярным характером зрения осталось прежним, но у 14,2% детей с неустойчивым бинокулярным характером зрения, он стал устойчивым.



Примечание: ХЗ – характер зрения

Рисунок 14 - Характер зрения по четырехточечному цветотесту у детей до и после лечения с использованием ЖКО (а), ЧЭС (б), ЖКО + ЧЭС (в)

В группах ЖКО и ЖКО+ЧЭС наблюдали увеличение количества детей, способных к стереовосприятию с Fly-test ($p < 0,001$). После использования ЖКО количество детей со стереозрением составило 46,9%, а после ЖКО+ЧЭС 53,1% ($p = 0,06$) (рисунок 15). Кроме того, у 3 (9,4%) детей в группе ЖКО и у 9 (28,1%) детей в группе ЖКО+ЧЭС появилась способность к стереовосприятию не только с Fly-test, но и с более сложным Lang-test.

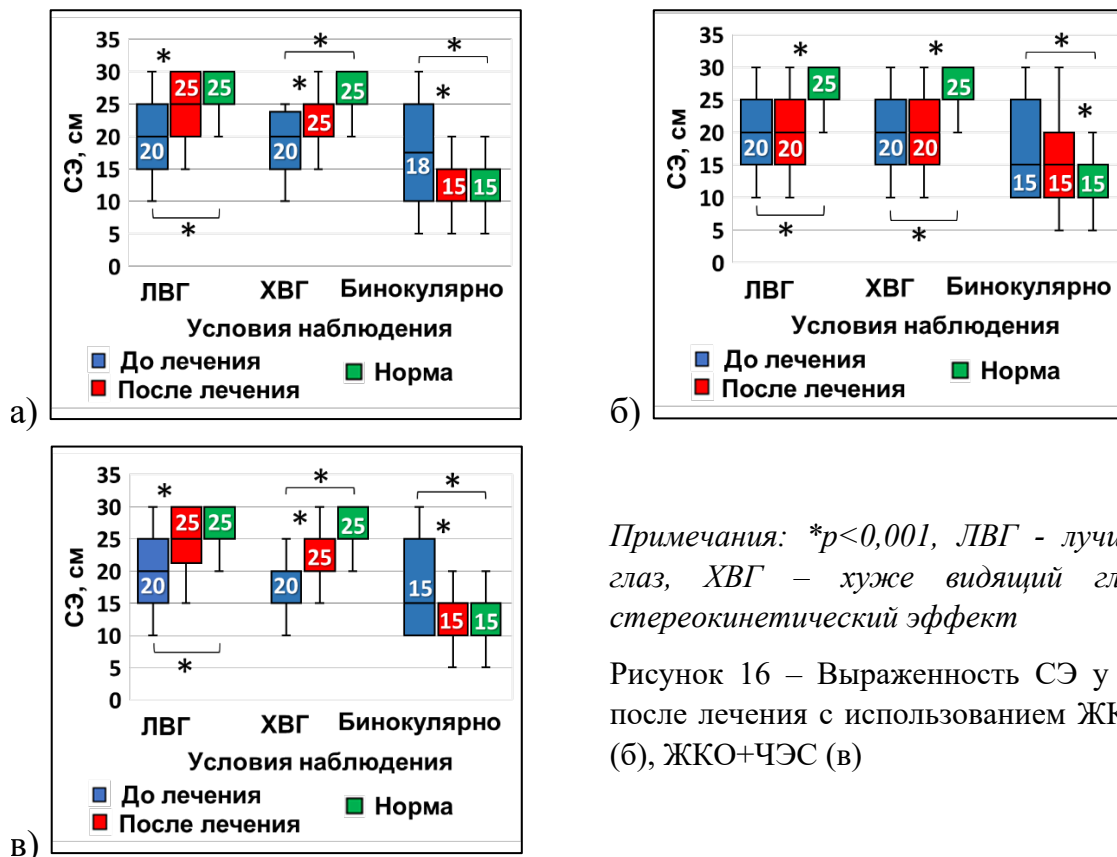


Примечание: * $p < 0,001$

Рисунок 15 – Наличие стереозрения по Fly-test до и после лечения в трех группах детей

В группах ЖКО и ЖКО+ЧЭС наблюдали положительную динамику состояния пространственного восприятия в виде повышения монокулярных показателей выраженности СЭ в сочетании со снижением бинокулярных показателей ($p < 0,001$). При этом положительная

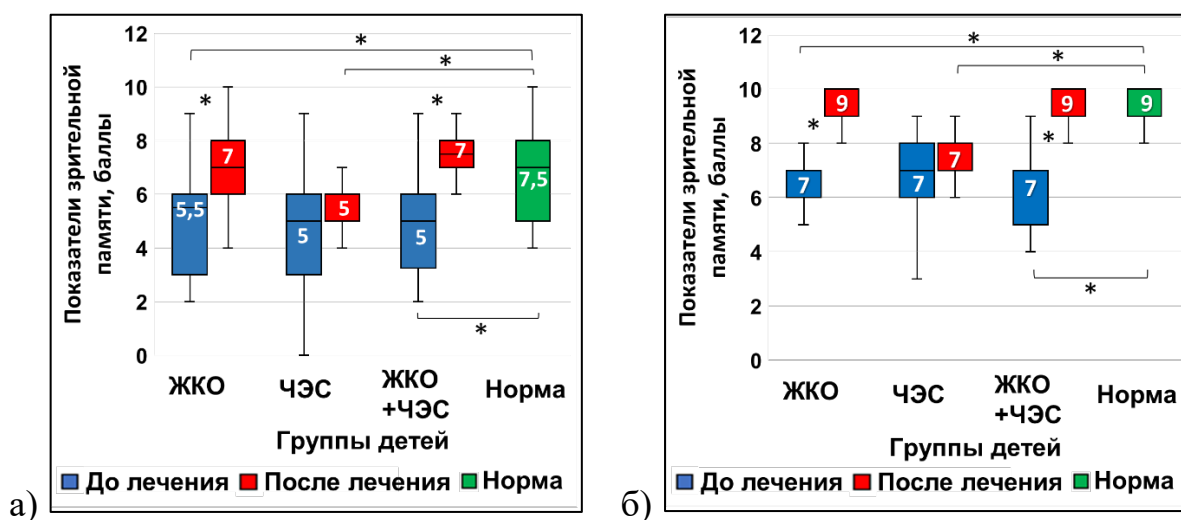
динамика как монокулярных, так и бинокулярных показателей СЭ была сопоставима в группах ЖКО и ЖКО+ЧЭС ($p>0,05$). В группе ЧЭС не выявлено достоверных изменений ($p=0,08$) (рисунок 16).



Примечания: * $p<0,001$, ЛВГ - лучше видящий глаз, ХВГ - хуже видящий глаз, СЭ - стереокинетический эффект

Рисунок 16 – Выраженность СЭ у детей до и после лечения с использованием ЖКО (а), ЧЭС (б), ЖКО+ЧЭС (в)

Улучшение показателей зрительной памяти наблюдали во всех группах ($p<0,001$), однако в группе ЧЭС, она была менее существенной, чем в двух других и не достигала нормальных значений ($p<0,001$) (рисунок 17). Показатели в группах ЖКО и ЖКО+ЧЭС были сопоставимы ($p>0,05$).



Примечания: * $p<0,001$

Рисунок 17 - Динамика показателей зрительной памяти с ахроматическими (а) и цветными (б) зрительными стимулами в трех группах детей

Таким образом, полученные в работе результаты согласуются с предыдущими данными о положительном влиянии классической ЧЭС на состояние зрительного нерва, обеспечивая улучшение зрительных функций и электрофизиологических показателей (Бикбов М.М. 2014; Сафин Ш.М. с соавт., 2020; Лобанова И.В. с соавт., 2025). Однако, включение тренировок бинокулярного зрения с ЖКО «Strabo Glasses» в функциональное лечение ЧАЗН позволяет более эффективно воздействовать на механизм бинокулярного зрения, что обеспечивает более выраженное улучшение бинокулярных зрительных функций, зрительной памяти и пространственного восприятия.

ВЫВОДЫ

1. Результаты исследования центрального и периферического зрения, а также электрофизиологических показателей у детей с врожденной частичной атрофией зрительного нерва (ЧАЗН) как при наличии (n=85), так и при отсутствии (n=35) косоглазия показали (по сравнению с контрольной группой без патологии органа зрения, n=67) достоверное снижение максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ), уменьшение объема абсолютной аккомодации (ОАА), сужение полей зрения, повышение порога электрической чувствительности (ПЭЧ) и снижение электрической лабильности (ЭЛ) ($p < 0,001$). При этом сочетание ЧАЗН с косоглазием характеризуется наличием функциональной скотомы подавления в 62,4% случаев, а также минимальной вероятностью наличия бинокулярного характера зрения (в 5,9% случаев) и стереозрения (в 2,4% случаев).
2. Результаты оценки состояния пространственного восприятия свидетельствуют о том, что наличие ЧАЗН (как с косоглазием, так и без косоглазия) характеризуется (в отличие от детей контрольной группы) отсутствием достоверных различий ($p > 0,05$) между монокулярными и бинокулярными показателями выраженности стереокинетического эффекта (СЭ) за счет снижения монокулярных и повышения бинокулярных показателей, что свидетельствует о доминировании монокулярного механизма пространственного восприятия. При этом показатели зрительной памяти у детей с ЧАЗН с косоглазием сопоставимы с показателями детей с ЧАЗН без косоглазия ($p > 0,05$) и достоверно хуже, чем у детей контрольной группы ($p < 0,01$).
3. Разработан алгоритм комплексной системы оценки нарушений бинокулярного зрения у детей с ЧАЗН, основанный на исследовании диагностических критериев сенсорного (МКОЗ, поле зрения, ПЭЧ, ЭЛ, корреспонденция сетчаток, характер зрения, стереозрение, СЭ, зрительная память), моторного (наличие и величина девиации, амплитуда фузии) и аккомодационного (ОАА) компонентов бинокулярного зрения, обеспечивающий

персонализированный подход к лечению детей с ЧАЗН при наличии или отсутствии косоглазия.

4. Результаты оценки состояния органа зрения у детей, перенесших опухоли головного мозга, свидетельствуют о вероятности наличия в периоде ремиссии ЧАЗН в 68,3% случаев, сопровождающейся косоглазием в 38,6% случаев. При этом исследование зрительных функций у детей, перенесших опухоли мозжечка и IV желудочка, показало (по сравнению с нормой) выраженное ($p < 0,001$) снижение МКОЗ, уменьшение фузионных резервов и ОАА, а также ухудшение показателей зрительной памяти и пространственного восприятия в периоде ремиссии.
5. Сравнительный анализ результатов функционального лечения детей с ЧАЗН свидетельствует, что использование метода фазовой гаплоскопии (ЖКО «Strabo glasses» по разработанной методике, Евразийский патент №048723-2024г.) обеспечивает более высокий уровень клинической эффективности по сравнению с традиционной чрескожной электростимуляцией (ЧЭС), что подтверждается не только достоверным ($p < 0,001$) улучшением показателей монокулярных зрительных функций, но и увеличением количества детей с ортотропией, нормальной корреспонденцией сетчаток, бинокулярным характером зрения и стереозрением на 12,5-34,4% ($p < 0,01$). При этом положительная динамика показателей монокулярных и бинокулярных зрительных функций, СЭ и зрительной памяти сопоставима в группах ЖКО и ЖКО+ЧЭС ($p \geq 0,02$) с учетом поправки Бонферрони для трех пар сравнений.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Детям с ЧАЗН (как врожденной, так и приобретенной) целесообразно проводить (в соответствии с разработанным алгоритмом) оценку диагностических критериев сенсорного (МКОЗ, поле зрения, ПЭЧ, ЭЛ, фузионная способность, характер зрения, стереозрение, стереокинетический эффект, зрительная память), моторного (наличие и величина девиации, амплитуда фузии) и аккомодационного (объем абсолютной аккомодации) компонентов бинокулярного зрения, обеспечивающую персонализированный подход к лечению детей при наличии или отсутствии косоглазия.

Для улучшения состояния бинокулярных зрительных функций, у детей с врожденной ЧАЗН рекомендуется использовать ЖКО «Strabo glasses» как отдельный метод функционального лечения, так и в сочетании с чрескожной электростимуляцией.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Рычкова, С.И. Современные представления о механизмах зрительной памяти / С.И. Рычкова, Н.И. Курышева, **А.Б. Лавер** // **The EYE Глаз.** – 2025. – Т.27. - №1. – С.43-53. (К-1*)
2. **Лавер, А.Б.** Динамика рефракции у школьников с врожденной частичной атрофией зрительного нерва за десятилетний период наблюдения / А.Б. Лавер, С.И. Рычкова, Н.И. Курышева // **The EYE Глаз.** – 2024. – Т.26. - №2. – С.81-89. (К-1*)
3. Азнаурян, И.Э. Анализ эффективности использования жидкокристаллических очков в функциональном лечении врожденной частичной атрофии зрительного нерва / И.Э. Азнаурян, С.Г. Агагулян, В.О. Баласанян, С.И. Рычкова, Н.И. Курышева, **А.Б. Лавер** // **Офтальмология.** – 2025. – Т.22. - №1. – С.84-91. (К-2*)
4. Рычкова, С.И. Коморбидная патология у детей с частичной атрофией зрительного нерва / С.И. Рычкова, Н.И. Курышева, **А.Б. Лавер**, А.И. Толмачева, Р.И. Сандимиров // **Российская детская офтальмология.** – 2024. - №4. – С.12-17. (К-1).
5. Рычкова, С.И. Офтальмологическая патология у детей с оперированными опухолями головного мозга в периоде ремиссии / С.И. Рычкова, **А.Б. Лавер**, Е.В. Глебова // **Российская детская офтальмология.** – 2025. – №1. – С.5-16. (К-1).
6. Рычкова, С.И. Сравнительный анализ показателей зрительных функций у школьников с частичной атрофией зрительного нерва и амблиопией / С.И. Рычкова, **А.Б. Лавер**, Н.И. Курышева // **The EYE Глаз.** – 2024. – Т.26. - №4. – С.243-255. (К-1*)
7. Рычкова С.И. Состояние зрительных функций у пациентов с оперированными опухолями головного мозга в периоде ремиссии / С.И. Рычкова, **А.Б. Лавер**, Е.В. Глебова, Н.И. Курышева // **Офтальмохирургия.** – 2025. – 2s(145). – С. 107-114. (К-1*)
8. **Лавер, А.Б.** Рычкова, С.И., Курышева, Н.И. Структура сопутствующей офтальмопатологии у пациентов с врожденной частичной атрофией зрительного нерва // Российский общенациональный офтальмологический форум, 16-й: Сб. науч. тр.: В 2 т. / Под ред. В.В. Нероева. – М.: Апрель, 2023. – Т. 2. – С. 403-406.
9. **Лавер А.Б.**, Рычкова С.И., Курышева Н.И. Структура офтальмопатологии в периоде ремиссии у пациентов с оперированными опухолями головного мозга // Сб. науч. тр. XXIII научно-практической нейроофтальмологической конференции, Москва, 2024. С. 80.
10. Рычкова С.И., **Лавер А.Б.**, Курышева Н.И. Коморбидная патология у школьников с врожденной частичной атрофией зрительного нерва и амблиопией // Российский общенациональный офтальмологический форум, 17-й: Сб. науч. тр.: В 2 т. / Под ред. В.В. Нероева. – М.: Апрель, 2024. – Т. 2. – С. 621-625.
11. **Лавер А.Б.**, Рычкова С.И., Курышева Н.И. Результаты исследования пространственного восприятия и зрительной памяти у пациентов с оперированными опухолями задней черепной ямки в периоде ремиссии // Сб. науч. тр. международного научно-практического форума молодых ученых «Ильинские чтения 2025». – М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2025. – С. 257-260.

12. **Лавер А.Б.**, Сандимиров Р.И., Курышева Н.И. Коморбидная патология у школьников с органической и функциональной офтальмопатологией // Сб. науч. тр. VII научно-практической конференции «Научный авангард» - М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России, 2025. – С. 328-334.

13. Aznauryan I., Shestak N., Rychkova S., Glebova E.V., **Laver A.B.**, Kurysheva N.I. Results of the analysis of visual functions in children who have had brain tumors // abstract book for the ophthalmological conference ТИОС-2025. – Р. 36-39 (3-5 october Tbilisi, Georgia).

Учебное пособие: Курышева Н.И., Рычкова С.И., Лавер А.Б. Аккомодация и ее нарушения // Учебное пособие для врачей и клинических ординаторов. – М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2024. 46 с.

Глава в монографии: Офтальмологические осложнения у детей с опухолями задней черепной ямки / Б.С. Першин, С.И. Рычкова, Е.В. Глебова, **А.Б. Лавер** // Длительное наблюдение и комплексная реабилитация детей с опухолями задней черепной ямки / Под ред. А.Г. Румянцева, С.М. Чечельницкой, А.Ф.Карелина. – Москва : РУСАЙНС, 2025. – 346 с.

Патент: Способ функционального лечения частичной атрофии зрительного нерва у детей / Евразийский патент №048723 (13) В1 МПК А61Н 5/00; А61F 9/00 / Азнаурян И.Э., Рычкова С.И., Агагулян С.Г., Баласанян В.О., Курышева Н.И., **Лавер А.Б.** (26.06.2024).

*Примечания: (К-1,2) – категория журнала по коэффициенту научной значимости в базе данных RSCI; *- публикации в изданиях, включенных в международную базу цитирования Scopus.*

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ЖКО - жидкокристаллические очки

ЛВГ – лучше видящий глаз

МКОЗ – максимальная корригированная острота зрения

ПЭЧ – порог электрической чувствительности

СЭ – стереокинетический эффект

ХВГ – хуже видящий глаз

ЧАЗН – частичная атрофия зрительного нерва

ЧЭС – чрескожная электростимуляция

ЭЛ – электрическая лабильность