

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИННОВАЦИЙ И  
НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ –  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ БИОФИЗИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ИМЕНИ  
А.И. БУРНАЗЯНА»  
ФЕДЕРАЛЬНОГО МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО АГЕНСТВА

*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**

**Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук**

Научный руководитель:  
доктор медицинских наук,  
**С.И. Рычкова**

Москва - 2026

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                               |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>                                                                         | <b>4</b>  |
| <b>ГЛАВА I ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>                                                          | <b>11</b> |
| 1.1 Эмбриогенез и постнатальное развитие зрительного нерва.....                               | 11        |
| 1.2 Классификация атрофии зрительного нерва .....                                             | 13        |
| 1.3 Этиопатогенез атрофии зрительного нерва .....                                             | 15        |
| 1.4 Клиническая картина и методы диагностики атрофии зрительного нерва ..                     | 16        |
| 1.5 Врожденная атрофия зрительного нерва.....                                                 | 20        |
| 1.6 Атрофия зрительного нерва при опухолях головного мозга.....                               | 21        |
| 1.7 Методы лечения частичной атрофии зрительного нерва .....                                  | 25        |
| 1.8 Бинокулярные зрительные функции и пространственное восприятие у<br>пациентов с ЧАЗН ..... | 30        |
| <b>ГЛАВА II МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....</b>                                           | <b>37</b> |
| 2.1 Дизайн исследования.....                                                                  | 37        |
| 2.2 Материал исследования .....                                                               | 37        |
| 2.3 Методы диагностики .....                                                                  | 39        |
| 2.3.1 Стандартные офтальмологические методы исследования .....                                | 39        |
| 2.3.2 Методика определения характера зрения при помощи четырехточечного<br>цветотеста .....   | 40        |
| 2.3.3 Методика определения угла косоглазия по Гиршбергу.....                                  | 40        |
| 2.3.4 Диагностика корреспонденции сетчаток на синоптофоре .....                               | 40        |
| 2.3.5 Методы исследования стереокинетического эффекта .....                                   | 42        |
| 2.3.6 Методы исследования стереозрения.....                                                   | 42        |
| 2.3.7 Исследование зрительной памяти при помощи программы «ЭКСПО».                            | 44        |

|                                                                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.8 Исследование порога электрической чувствительности и электрической лабильности .....                           | 44        |
| 2.4 Методы функционального лечения нарушений бинокулярного зрения .....                                              | 45        |
| 2.4.1 Проведение лечебной чрескожной электростимуляции .....                                                         | 45        |
| 2.4.2 Методика развития сенсорной фузии при помощи жидкокристаллических очков Strabo Glasses .....                   | 46        |
| 2.5 Методы статистической обработки полученных результатов .....                                                     | 48        |
| <b>ГЛАВА III РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....</b>                                                           | <b>49</b> |
| 3.1 Результаты исследования зрительных функций у детей с врожденной ЧАЗН .....                                       | 49        |
| 3.2 Результаты диагностики зрительных функций у детей с приобретенной ЧАЗН, перенесших опухоли головного мозга ..... | 60        |
| 3.3 Результаты функционального лечения детей с врожденной ЧАЗН .....                                                 | 70        |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>                                                                                              | <b>82</b> |
| <b>ВЫВОДЫ .....</b>                                                                                                  | <b>94</b> |
| <b>ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ .....</b>                                                                               | <b>96</b> |
| <b>ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....</b>                                                                   | <b>97</b> |
| <b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....</b>                                                                                        | <b>98</b> |
| <b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>                                                                                        | <b>99</b> |

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы исследования

Одной из актуальных задач современной офтальмологии является изучение патологии зрительного нерва, составляющей 15-20% среди причин слепоты и слабовидения [22, 28, 38, 41, 100, 169, 187].

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 [1, 26, 28, 40, 41, 50, 51, 57, 120, 125, 169].

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 [31, 78, 138, 144].

Это обусловлено тем, что нормальная работа бинокулярного механизма пространственного зрения дает ряд преимуществ по сравнению с доминированием монокулярного. К таким преимуществам относят более широкое поле зрения, более высокую бинокулярную остроту зрения по сравнению с монокулярной (благодаря бинокулярной интеграции зрительных сигналов). Кроме того, бинокулярный механизм позволяет лучше воспринимать рельеф и объем рассматриваемых объектов, их абсолютную (по отношению к наблюдателю) и относительной (по отношению друг к другу) удаленности [31, 96, 138]. Патология бинокулярного зрения может затруднять обучение в школе, ограничивать выбор профессии и видов спорта, являясь дополнительным

фактором, ухудшающим качество жизни детей с ЧАЗН. Кроме того косоглазие, будучи косметическим недостатком, может быть причиной серьезных социально-психологических проблем у пациентов [24, 31, 43, 96, 138].

На сегодняшний день накоплен значительный опыт в использовании физиотерапевтических и нейротрофических методов лечения ЧАЗН, а также исследуются возможности иммунотерапии и применения стволовых клеток при данной патологии [12, 29, 107, 120].

В частности, использование 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 [38, 63, 86, 107].

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 гаплоскопии) при помощи жидкокристаллических (ЖК) - очков Strabo Glasses [11, 93, 94].

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 [42, 64, 82, 83, 100, 138].

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, о 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 (ТИОС) (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.

## **ГЛАВА I ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

### **1.1 Эмбриогенез и постнатальное развитие зрительного нерва**

Зрительный нерв и сетчатка развиваются из нервной пластинки эмбриона. Примерно к 3-й неделе эмбрионального развития происходит образование примитивного диска зрительного нерва [30, 49, 75].

Глазные пузыри растут по направлению к эктодерме и связаны с нервной трубкой глазными стебельками, а в конце 4-й недели в глазном стебельке начинает формироваться зрительный нерв (ЗН). На 6-й неделе образуются наружная и внутренняя пограничные мембраны сетчатки, отсутствующие в области диска ЗН. Источником клеток сетчатки, пигментного эпителия, волокон и глии зрительного нерва служит нейроэктодерма [30, 49, 75].

ЗН и его оболочки продолжают активно развиваться на 7-8-й неделе. Появляется периневральная оболочка, отделяющая друг от друга нервные пучки, образованные аксонами ганглиозных клеток. В отличие от остальных черепно-мозговых нервов, ЗН имеет три мозговых оболочки (мягкую, паутинную и твердую), что обуславливает особенности его развития. В дальнейшем активно развивается глиальная ткань ЗН. Начиная с 19-20-й недели идет образование сосудистого круга ЗН (будущее кольцо Цинна-Галлера, формируются тенонова капсула и центральная артерия и вена сетчатки [30, 49, 75].

У плода на 23-24-й неделях развития в области выхода ЗН имеется густая сосудистая сеть, формируется решетчатая пластинка и межоболочечное пространство с циркулирующим в нем ликвором. В дальнейшем продолжается развитие зрительного нерва и хиазмы и к 36-40-й неделе развития плода его глаз приобретает структуру глаза новорожденного [30, 49, 75].

Латеральное коленчатое тело и таламус образуются из клеток промежуточного мозга на втором месяце эмбрионального развития. Зрительная лучистость (пучок Грасиоле), идущая от латерального коленчатого тела и подушки таламуса к зрительному центру в коре затылочной доли больших полушарий, образуется у эмбриона на 16-17-й неделе [30, 49, 75].

Нейроны затылочной коры развиваются у 8-недельного эмбриона, а на 12-й неделе начинается дифференцировка клеток нейроглии. Затем формируются корковые слои, извилины и борозды. На V-VI месяце происходит обособление первичных корковых зрительных центров в области закладки шпорной борозды (будущее поле 17 по Бродману) [30, 75].

Нейроглия зрительного нерва, подобно клеткам ЦНС включает макро- и микроглию [146, 149, 179]. Макроглия ЗН представлена олигодендритами и астроцитами. При этом олигодендриты играют особенно важную роль в процессе миелинизации нервных волокон. Они оборачиваются вокруг аксона, образуя несколько слоев плазматических мембран, содержащих миелин. Помимо трофической, опорной и барьерной функции, миелин выполняет проводниковую функцию, позволяя передавать потенциал действия по волокнам зрительного нерва быстрее, в частности за счет перехватов Ранвье (короткие немиелинизированные отрезки нервного волокна). Именно поэтому ЗН обладает повышенной чувствительностью к повреждениям миелиновой оболочки [12]. Повреждение миелиновой оболочки приводит к нарушению проводимости нервного волокна [123, 151, 178, 186].

Микроглиальные клетки не являются собственно нервной тканью, так как имеют мезодермальное происхождение. Они представляют собой мелкие отростчатые клетки, находящиеся в белом и сером веществе мозга. К основным функциям микроглии относят фагоцитоз микроорганизмов, поглощение токсинов, удаление продуктов метаболизма, а также участие в синтезе цитокинов [169].

К моменту рождения ребенка миелинизация зрительных проводящих путей и первичного коркового зрительного центра (поле 17 по Бродману) заканчивается, однако в области 18 и 19 полей по Бродману процесс миелинизации продолжается еще в течение 1-1,5 месяцев после рождения. Больше всего времени занимает миелинизация в области высших ассоциативных центров (терминальные зоны Флексига). В этих структурах, процессы миелинизации завершаются только на 4-м месяце жизни ребенка. Аксоны

некоторых пирамидных клеток начинают миелинизироваться только с 3-х месячного возраста [30, 119].

Начинаясь на 36-й неделе эмбрионального развития, процесс миелинизации нервных волокон зрительных путей продолжается после рождения ребенка, а в наиболее сложных ассоциативных мозговых структурах может происходить в течение первых 4-х лет жизни. Свет, действующий на сетчатку, оказывает значительное стимулирующее влияние на миелинизацию нервных волокон [30, 119].

После рождения ребенок адаптируется к окружающей среде и разнообразные раздражители этой среды оказывают влияние на развитие его анализаторов и ЦНС. По мере роста и развития ребенка увеличивается толщина коры больших полушарий и усложняется ее структура. Наиболее активно этот процесс идет вплоть до подросткового возраста, а анатомо-физиологические изменения в головном мозге, включая зрительные центры, происходят на протяжении всей жизни человека [30, 75, 119].

Таким образом формирование и анатомо-функциональное созревание проводящих путей и центральных отделов зрительного анализатора является длительным процессом, который наиболее чувствителен к действиям вредных внешних и внутренних факторов в перинатальном периоде. Эти факторы могут затруднять формирования нейронов, их связей, замедлять образование нейроглии и миелинизацию нервных волокон, что приводит в дальнейшем к атрофическим процессам в зрительном нерве.

## **1.2 Классификация атрофии зрительного нерва**

Атрофия зрительного нерва (АЗН) представляет собой дегенеративный процесс в аксонах ганглиозных клеток сетчатки, характеризующийся органической деструкцией аксонов ганглиозных клеток и их миелиновой оболочки, что приводит к нарушению проводимости [1, 26, 28, 40, 41, 50, 51, 57, 120, 125, 169].

АЗН классифицируют по разным принципам. В зависимости от роли наследственного фактора различают АЗН наследственную (аутосомно-

доминантную, аутосомно-рецессивную, митохондриальную) и ненаследственную (врожденную и приобретенную) [12].

В связи с тем, что при АЗН дегенеративные изменения в нервном волокне могут распространяться как в сторону центрального отдела, так и в сторону сетчатки, выделяют восходящую и нисходящую АЗН. Восходящая АЗН характеризуется началом процесса на уровне ганглиозных нейронов сетчатки, нисходящая – непосредственно при повреждении ЗН [12, 120].

По степени повреждения нервных волокон АЗН делят на частичную (ЧАЗН) и полную. Кроме того, выделяют дополнительно 4 степени заболевания (с учетом визометрии, периметрии, офтальмоскопии, видеоофтальмографии), имеющие прогностическое значение в оценке эффективности лечения [12, 89].

Наследственные АЗН подразделяют на три основные группы: аутосомно-доминантные АЗН, аутосомно-рецессивные АЗН и митохондриальную нейропатию Лебера [6, 50, 51].

Аутосомно-доминантная АЗН представляет собой гетерогенную группу заболеваний, которые могут развиваться в разном возрасте – от неонатального периода до 50 лет. Выделяют 4 клинические формы этой патологии: тяжелая, легкая, сочетающаяся с врожденной глухотой и сочетающаяся с глухотой, офтальмоплегией, дистаксией и миопатией [6, 50, 51, 150].

Аутосомно-рецессивная АЗН – гетерогенная группа заболеваний с мультисистемными изменениями. Общими проявлениями этой патологии являются развивающиеся в дошкольном возрасте снижение остроты зрения и побледнение диска ЗН [6, 50, 51, 150].

Оптическая нейропатия Лебера (АЗН Лебера) – это наследственное заболевание, для которого характерно быстрое или постепенное развитие двусторонних нарушений центрального зрения. Развитие заболевания обусловлено точковыми мутациями в митохондриальной ДНК, вызывающими замену одной аминокислоты другой. Диагноз АЗН Лебера основывается на данных семейного анамнеза, результатах офтальмоскопии, периметрии, молекулярных генетических исследованиях [6, 50, 51, 150].

Внутриутробные патологические процессы являются основными причинами врожденной ЧАЗН [1, 22, 97].

Среди причин приобретенной АЗН выделяют сосудистые, воспалительные, токсические и иные повреждения зрительного нерва. Можно выделить следующие группы этиологических факторов развития приобретенной АЗН: компрессионное действие на ЗН опухоли головного мозга или внутричерепной гипертензии; опухоли непосредственно ЗН; системные и неврологические заболевания; сосудистая патология (передняя/задняя ишемическая нейропатия, окклюзия центральной артерии сетчатки, гигантоклеточный артериит); инфекционные заболевания (сифилис, туберкулез); воздействие токсических веществ; травматические повреждения ЗН; заболевания сетчатки и состояния, возникшие вследствие отека ЗН; воспалительные заболевания (демиелинизирующий неврит, саркоидоз, системная красная волчанка) [61, 62, 91].

К заболеваниям сетчатки, приводящим к полной или частичной АЗН, относят, прежде всего, абiotрофии сетчатки и макулодистрофии. Сосудистая патология глаза, в частности передняя ишемическая нейропатия, нарушения кровотока в бассейне ретинальных сосудов, может приводить к атрофиям ЗН. Кроме того, причиной АЗН могут служить системные заболевания, протекающие с сосудистыми изменениями зрительного нерва [12].

В зависимости от морфологических изменений в ткани диска различают первичную и вторичную АЗН [12, 91]. Первичная АЗН возникает вследствие повреждения зрительного нерва и характеризуется постепенным замещением нервных волокон столбчатым глиозом. Вторичная АЗН возникает из-за избыточной пролиферации неструктурированной глиальной ткани после отека диска ЗН (например, в результате воспалительного процесса или на фоне повышенного внутричерепного давления) [37].

### **1.3 Этиопатогенез атрофии зрительного нерва**

В нормально функционирующих волокнах ЗН возбуждение возникает при деполяризации мембраны за счет того, что ионы натрия входят внутрь клетки, а

ионы калия выходят во внеклеточное пространство. При атрофии волокон ЗН имеет место дефицит энергии, который сопровождается изменением в работе натрий-калиевой помпы, избытком  $\text{Na}^+$  внутри клетки (в цитоплазме) и  $\text{K}^+$  в межклеточном пространстве, что приводит к нарушению процессов деполяризации и, как следствие, к нарушению проведения импульсов [77].

Одним из основных факторов развития этих патологических изменений является нарушение гемодинамики в сосудах, питающих зрительный нерв. Нарушение кровотока, воспалительные процессы, травматическое и токсическое повреждение приводят к изменениям реологических параметров крови за счет повышенной внутрисосудистой агрегации эритроцитов. Длительное нарушение кровотока в капиллярах обуславливает кислородное голодание тканей зрительного нерва. Плохо снабжаемые кислородом участки нервной ткани постепенно некротизируются, а некротизированные волокна в дальнейшем замещаются глиальными клетками, что приводит к АЗН [77, 140, 174].

Несмотря на неразвитую регенеративную способность нервных клеток, ряд авторов [123, 151, 178] указывают на потенциал ЗН к восстановлению миелиновой оболочки. Экспериментально подтверждено, что в нервных волокнах с наиболее сохраненным аксоном возможность миелиновой оболочки к восстановлению выше [123, 151, 178, 186]. Была показана эффективность использования электро- и лазерной стимуляции для восстановления миелиновых оболочек вокруг сохраненных волокон зрительного нерва у пациентов с АЗН [32].

#### **1.4 Клиническая картина и методы диагностики атрофии зрительного нерва**

Несмотря на достижения современной офтальмологии в области диагностики и лечения заболеваний сетчатки и ЗН, АЗН является одной из основных причин инвалидности по зрению в Российской Федерации, составляя 13,3% от всей патологии органа зрения [1, 22, 40, 57, 91].

Клинические проявления АЗН зависят от тяжести поражения волокон ЗН, этиологии заболевания и других факторов. Между тем основными общими клиническими симптомами АЗН любой этиологии являются ухудшение

центрального и периферического зрения (вплоть до слепоты при полной АЗН) и характерная картина глазного дна с побледнением диска ЗН. Стандартное офтальмологическое обследование пациентов с АЗН включает визометрию, периметрию, офтальмоскопию, биомикроскопию, тонометрию [1, 91].

Острота зрения (ОЗ) при АЗН отличается значительной вариабельностью – от небольшого (0,7-0,9) или значительного (0,05-0,1) ухудшения при ЧАЗН вплоть до слепоты при полной АЗН. При этом ОЗ зависит не только от количества сохраненных нервных волокон, но и от топографии патологического процесса. При поражении папилломакулярного пучка наблюдается выраженное снижение остроты зрения, а при поражении только периферических нервных волокон острота зрения может оставаться относительно хорошей [1, 40, 57].

В некоторых случаях при ЧАЗН выявляется нарушение цветового восприятия: чаще зелено-красной части спектра, реже желто-синей. При этом пациенты могут правильно воспринимать цвета, но жаловаться на их «блеклость». Около 30-40% пациентов с ЧАЗН испытывают нарушение темновой адаптации [1, 40, 57].

При низкой ОЗ на стороне поражения может определяться афферентный зрачковый дефект (снижение прямой реакции на свет с сохранением содружественной реакции зрачка) [158].

Периметрия обнаруживает сужение и/или дефекты полей зрения (ПЗ) у пациентов с ЧАЗН. Дефекты ПЗ в горизонтальном меридиане указывают на поражение сетчатки или ЗН перед хиазмой, а дефекты в вертикальном меридиане позволяют предположить повреждение хиазмы или ретрохиазмальных путей [37, 134]. При сдавлении хиазмы часто может выявляться битемпоральная гемианопсия, обусловленная повреждением или сдавлением перекрещивающихся волокон, идущих от носовой половины сетчатки. Ретрохиазмальные поражения сопровождаются гомонимными дефектами, а при передних хиазмальных повреждениях может выявляться перекрестная скотома [37, 187].

Офтальмоскопически в первую очередь оценивают цвет и границы ДЗН, его проминенцию, а также состояние сетчатки и перипапиллярной хориоидеи. ЧАЗН проявляется побледнением диска ЗН разной степени, границы при первичной ЧАЗН четкие, при вторичной нечеткие, артерии сетчатки, как правило, сужены [4, 77]. Тяжелые нарушения зрительных функций могут наблюдаться при отсутствии выраженной деколорации диска зрительного нерва за счет длительной блокады проводимости нервных волокон, сопровождающейся нарушениями аксонального транспорта [123, 151, 178, 186].

Используют также офтальмохромоскопию – исследование глазного дна в свете различного спектрального состава (красный, желтый, синий, сине-зеленый, желто-зеленый и пурпурный) [4, 77]. Она позволяет выявить дополнительные офтальмоскопические признаки АЗН: симптом усиления четкости границ диска ЗН; расширение, размытость или исчезновение фовеолярного рефлекса; увеличение размеров и усиление яркости желтого пятна; ослабление или исчезновение рисунка нервных волокон сетчатки [4, 77].

Для уточнения диагноза АЗН наряду с другими методами применяются электрофизиологические исследования: электроретинография (ЭРГ), зрительные вызванные потенциалы (ЗВП), высокочастотная реоэнцефалография (РЭГ). Данные ЗВП дополняют информацию, полученную с помощью ЭРГ и РЭГ, а при невозможности проведения ЭРГ выступают единственным источником данных [34, 38, 39]. Чтобы оценить функциональное состояние аксиального пучка зрительного нерва и внутренних слоев сетчатки, применяют методику измерения порога электрической чувствительности (ПЭЧ) и показателя электрической лабильности (ЭЛ) [107].

Оптическая когерентная томография (ОКТ) позволяет оценить морфологию диска ЗН и макулярной области [153]. При наличии явных клинических признаков АЗН метод ОКТ обычно используют только для подтверждения диагноза, но в некоторых ситуациях признаки атрофии более заметны на ОКТ, чем при офтальмоскопии [14, 74, 151, 159].

Ретинотомография основана на том, что морфометрические изменения диска ЗН при АЗН предшествуют нарушениям зрительных функций [14, 20, 45].

Ультразвуковая доплерография (УЗДГ) играет важную роль в оценке кровообращения сосудов глаза и окружающих тканей [77, 90].

Для оценки кровообращения в ЦАС и ее ветвях применяют флюоресцентную ангиографию (ФАГ) сосудов сетчатки, офтальмодинамографию или офтальмодинамометрию. При атрофии зрительного нерва на ФАГ отмечается снижение флюоресценции диска зрительного нерва и сосудов сетчатки. Степень ослабления флюоресценции коррелирует с тяжестью атрофии нервных волокон ДЗН: чем сильнее атрофия, тем слабее флюоресценция диска [23].

Метод дуплексного сканирования сочетает в себе визуализацию сосудов и тканей в В-режиме и доплеровскую оценку показателей кровотока [47, 108].

Колориметрический компьютерный анализ диска ЗН позволяет выявлять уменьшение объема и диапазона глубины головки ЗН при АЗН, обусловленное уплощением внутриглазной части зрительного нерва [9, 27, 28].

Методы визуализации (магнитная резонансная томография (МРТ) и компьютерная томография (КТ)) имеют большое значение при подозрении на сдавление ЗН опухолью, повышенным внутричерепным давлением или костной тканью (при травме, остеопорозе, деформирующем остеоите) [160, 163]. Нейровизуализация особенно необходима при признаках хиазмального или постхиазмального сдавления. Во многих случаях визуализация объемных образований может быть настолько информативной, что полностью исключает необходимость биопсии, например, при опухолях гипофиза, менингиомах крыла клиновидной кости, первичных менингиомах оболочек ЗН или глиомах ЗН [185].

Ультразвуковое исследование (УЗИ) орбит имеет ограниченную ценность при обследовании по поводу ЧАЗН, но в некоторых случаях позволяет обнаружить глиому зрительного нерва [13].

Генетические методы исследования играют основную роль в диагностике наследственных оптических нейропатий, представляющих собой генетически

разнообразную группу расстройств, проявляющихся снижением остроты зрения и офтальмоскопической картиной АЗН разной степени выраженности. Наследственные оптические нейропатии могут быть спорадическими или семейными, в этом случае тип наследования может быть «менделеевским» (аутосомно-доминантным, аутосомно-рецессивным, сцепленным с X-хромосомой рецессивным) или «неменделеевским» (митохондриальным). Были картированы два гена доминантно наследуемой АЗН (ОРА1 и ОРА4) и ген рецессивной АЗН (ОРА3) [130]. X-сцепленная АЗН (ОРА2) была картирована, но пока не идентифицирован ген. Мутации в митохондриальной ДНК были идентифицированы при наследственной оптической нейропатии Лебера [152].

Генетический анализ позволяет диагностировать также АЗН вследствие патогенной гомозиготной мутации в 3-м экзоне гена C19orf12, которая обычно приводит к нейродегенерации с накоплением железа в мозге [9, 126].

### **1.5 Врожденная атрофия зрительного нерва**

В большинстве случаев врожденная АЗН обусловлена ишемически-гипоксической перинатальной отягощенностью и является одним из основных факторов в структуре инвалидности по зрению у детей раннего возраста [41, 59]. Реабилитация детей-инвалидов по зрению требует больших материальных затрат, специального медико-педагогического сопровождения, и зачастую оказывается малоэффективной [33, 51]. В то же время ранняя и в полном объеме выполненная работа офтальмологов на доклиническом этапе диагностики позволяет предотвращать необратимое ухудшение зрения [41, 50, 111]. Следует отметить, что имеются определенные трудности при диагностике врожденной АЗН у детей в послеродовом периоде, которые связаны с офтальмоскопическими особенностями глазного дна в этом возрасте и незавершенностью развития зрительного анализатора [41, 59].

В связи с этим О.В. Мазуриной с коллегами был предложен ишемически-гипоксический индекс (ИГИ), который определялся по результатам оценки гемодинамических показателей детей. При этом значение ИГИ  $\geq 1,5$  условных единиц было выявлено у более чем 97% пациентов с АЗН, подтвержденной

электрофизиологическими исследованиями. В то же время, у более чем 95% детей без АЗН этот индекс был <1,5 условных единиц [41].

Поскольку врожденная АЗН часто сочетается с неврологической патологией, в комплексном обследовании таких пациентов необходима консультация невролога. Особенно большое значение наблюдение невролога имеет для детей с врожденной АЗН в связи с тем, что этиологическим фактором ее обычно является перинатальная патология ЦНС. К случаям сочетания врожденной АЗН и общей неврологической патологии у детей можно отнести АЗН на фоне детского церебрального паралича (ДЦП) [1, 8, 64, 85, 53, 102, 162]. В недавней работе В.Р. Абдуллиной и А.М. Ботанова (2024) было показано, что врожденная АЗН на фоне ДЦП в 1,5 раза чаще выявлялась среди мальчиков, чем среди девочек. Наиболее часто АЗН наблюдалась при спастической форме ДЦП (спастический церебральный паралич, спастическая диплегия, детская гемиплегия), которая составила в структуре пациентов с ДЦП 67,2 %. Это тяжелая форма ДЦП, для которой характерны тетраплегия, псевдобульбарный синдром, ухудшение зрительных функций и косоглазие, когнитивные и речевые нарушения, в некоторых случаях судорожная готовность [1].

Также врожденные патологии плода, являющиеся факторами риска развития АЗН, могут приводить к минимальной мозговой дисфункции, вегетососудистой дистонии и способствуют возникновению сердечно-сосудистых, опорно-двигательных и других отклонений. В связи с этим необходим особый подход к медико-педагогическому сопровождению таких детей. Между тем работ по изучению коморбидной патологии у детей с АЗН относительно немного [19, 36, 87, 100].

### **1.6 Атрофия зрительного нерва при опухолях головного мозга**

К самым частым офтальмологическим проявлениям у пациентов с опухолями головного мозга (ОГМ), по данным литературы, относится АЗН и застой диска ЗН [37].

Первичная АЗН развивается вследствие поражения волокон ЗН с постепенным замещением их столбчатым глиозом. Причиной вторичной АЗН

может быть избыточная пролиферация неструктурированной глиальной ткани после отека диска ЗН [37].

Внутриглазное давление (ВГД) имеет в норме значения от 16 до 26 миллиметров ртутного столба, что больше внутричерепного давления (ВЧД), составляющего в норме от 7,5 до 15 миллиметров ртутного столба. Это способствует оттоку внутриглазной жидкости (ВГЖ) через пространство между оболочками зрительного нерва. В случае повышения ВЧД у пациентов с ОГМ функционирование этого пути оттока ВГЖ затрудняется, что приводит к развитию застойного диска ЗН с проминенцией в стекловидное тело, нечеткими границами диска, извитыми ретинальными сосудами и полнокровными венами [142]. В результате, при отсутствии положительной динамики, после застоя диска ЗН развивается частичная или полная вторичная АЗН [44, 139, 168].

В экспериментальных исследованиях, было показано, что нормальный розовый цвет диска ЗН обусловлен тем, что свет проходит вдоль прозрачных нервных волокон, через столбики глии и капилляры до кровеносных сосудов, отражаясь от них. При АЗН белая склера и решетчатая пластинка просвечивают через истонченную ткань диска ЗН и перпендикулярно расположенные астроциты, замещающие волокна ЗН отражают свет. Поэтому при офтальмоскопии отмечают побледнение диска ЗН [37].

АЗН у пациентов с ОГМ является нисходящей и чаще обусловлена опухолями хиазмально-селлярной области и стволовых структур мозга [43].

Окклюзионная гидроцефалия, развивающаяся при субтенториальной локализации опухоли, может быть причиной нисходящей АЗН в виде «симптома на отдалении» [44, 54, 155, 175].

Синдром Фостера-Кеннеди у пациентов с ОГМ обычно проявляется первичной АЗН на стороне опухоли и застойным диском ЗН на противоположной стороне. Чаще этот синдром выявляется, когда опухоль расположена рядом с интракраниальной частью ЗН [44]. Однако, в некоторых случаях может развиваться обратный синдром Фостера-Кеннеди в виде застойного диска ЗН на стороне опухолевого процесса и контралатеральной

первичной АЗН, которая развивается из-за сдавления ЗН на противоположной стороне смещенными мозговыми структурами [44, 133].

ОГМ могут сопровождаться различными нарушениями центрального и периферического зрения [37, 124, 151]. В то же время степень офтальмоскопических изменений головки зрительного нерва не всегда соответствует степени изменений зрительных функций [124].

При этом симптоматика зависит от локализации опухолевого процесса. Например, для опухолей хиазмально-селлярной области характерна битемпоральная гемианопсия, обусловленная повреждением перекрещивающихся волокон, идущих от носовых половин сетчаток [37, 124, 151].

Для ОГМ среднего мозга и пинеальной области характерны клинические проявления в виде застойных дисков ЗН, глазодвигательных и зрачковых нарушений, обусловленных как непосредственным действием опухоли на ядра и корешки нервов, так и действием внутричерепной гипертензии («симптом на отдалении») [54, 61, 128]. Глазодвигательные нарушения при данной локализации ОГМ могут проявляться параличом или парезом глазодвигательного, отводящего и блокового нервов. При локализации ОГМ в области среднего мозга возможны двусторонние нарушения прямой и содружественной реакции зрачков на свет. Выраженность зрачковых нарушений может быть разной, вплоть до отсутствия зрачковой реакции. Особенностью данной патологии является, то, что сужение зрачка при конвергенции может сохраняться благодаря механизму аккомодационно-конвергентной синкинезии [35, 54, 61, 128].

Характерным проявлением ОГМ в области ствола мозга является парез отводящего нерва, который иногда может быть изолированным, но чаще сочетается с поражением лицевого и тройничного нервов. Парез отводящего нерва может сочетаться с нарушениями горизонтального взора (невозможность или затруднение координированных поворотов глаз по горизонтали). Вследствие

поражений лицевого и тройничного нервов могут наблюдаться лагофтальм и кератопатия [54, 56, 61, 88].

Наиболее часто среди опухолей задней черепной ямки встречаются опухоли мозжечка. Для взрослых пациентов характерны доброкачественные медленно растущие астроцитомы мозжечка, а у детей чаще всего встречаются медуллобластомы. Медуллобластомы представляют собой злокачественные опухоли, которые отличаются инфильтративным ростом и составляют около 20% от всех первичных опухолей ЦНС у детей [109, 167].

Симптомокомплекс опухолей мозжечка обычно включает неврологические и офтальмологические проявления: постепенное прогрессирование мозжечковых и мозжечково-вестибулярных расстройств, стволовый синдром (развивающийся из-за сдавления ствола мозга на уровне задней черепной ямки), нистагм, признаки поражения черепно-мозговых нервов, проявления окклюзионной гидроцефалии. Внутрочерепная гипертензия может быть причиной застойного диска ЗН с возможной последующей АЗН [109, 167].

Нужно отметить, что, в основном, данные литературы касаются нейроофтальмологической симптоматики ОГМ в активной стадии заболевания. Современные возможности ранней диагностики ОГМ и своевременное эффективное лечение (хирургическое удаление опухоли, лучевая и химиотерапия) увеличивает выживаемость пациентов с ОГМ и все большее количество пациентов находятся в длительном периоде ремиссии. Зрительные нарушения у таких пациентов изучены недостаточно. Вследствие чего работы в области анализа офтальмопатологии у пациентов в периоде ремиссии после перенесенных ОГМ становятся все более актуальными [92, 141, 161, 173].

Та, например, в работе К.Б. Ёрысова с соавторами (2017), посвященной офтальмопатологии пациентов, перенесших ОГМ, показано, что глазодвигательные и зрачковые нарушения до операции выявлялись у 66,1% обследованных пациентов, а после удаления ОГМ в раннем послеоперационном периоде отмечалось нарастание нейроофтальмологической симптоматики в 53,3% случаев. Это проявлялось в виде глазодвигательных нарушений, застоя

дисков ЗН, симптомов поражения медиального продольного пучка, парезов отводящего и лицевого нервов. В более позднем периоде наблюдали постепенное уменьшение выраженности офтальмологической симптоматики. В том числе у всех пациентов отмечался регресс застойных дисков зрительных нервов [110].

Анализ нейроофтальмологической симптоматики у пациентов с опухолями среднего мозга и пинеальной области до и после хирургического лечения, проведенный Н.К. Серовой с соавторами (2018) показал наличие глазодвигательных и зрачковых нарушений у 67% пациентов и застоя диска ЗН (в результате повышенного ВЧД) у 38% больных до операции. После операции в раннем периоде наблюдали отрицательную динамику со стороны глазодвигательных и зрачковых нарушений у 46% пациентов, состояние без динамики - у 51% больных, а у 3% больных отмечали улучшение. В отдаленном послеоперационном периоде наблюдали частичный регресс нейроофтальмологической симптоматики, а ухудшение глазодвигательных и зрачковых функций по сравнению с предоперационным состоянием наблюдали у 29% больных [61].

## **1.7 Методы лечения частичной атрофии зрительного нерва**

### ***Физиотерапевтические методы лечения***

В связи с тем, что полная АЗН является неизлечимым заболеванием, проявляющимся слепотой пораженного глаза, лечебные мероприятия относятся, прежде всего, к ЧАЗН, при которой в той или иной степени сохраняются зрительные функции [38, 39].

Физиолечение и лекарственную терапию относят к классическими методам лечения ЧАЗН. Их цель – улучшить кровоснабжение, повысить тканевой обмен, а также улучшить проводимость нервных импульсов по волокнам ЗН, создавая для этого благоприятные энергетические и функциональные условия [16, 38, 39].

Чрескожная электростимуляция (ЧЭС) как отдельный метод, так и в комплексной терапии патологии сетчатки и зрительного нерва применяется довольно давно [9, 15, 49, 61, 68, 94, 95, 108, 175].

Использование ЧЭС обосновано его способностью восстанавливать проведение ритмических импульсов по зрительному нерву и стимулировать процессы восстановления и нормализации функционирования зрительного анализатора [12, 46, 52, 63, 73, 86, 89, 107, 136]. Воздействие электрического тока имеет позитивное влияние на подвижность, распад и обновление миелина, а также на синтез ДНК и коллагена [66].

В экспериментальных работах по изучению АЗН у животных с механически поврежденными и интактными ЗН установлено, что электростимуляция способствует повышению скорости проведения импульсов по волокнам ЗН, положительно воздействует на биохимические процессы, нормализует баланс концентрации ионов кальция, улучшает функционирование аксоглиального комплекса [73].

Предложена теория активации остаточного зрения (*residual vision activation theory*), согласно которой, выжившие нейроны могут быть активированы как зрительными стимулами, так и благодаря действию электрического тока. В обоих случаях воздействие на нейроны приводит к усилению синаптической передачи и синхронизации работы поврежденных структур, что обуславливает положительную динамику в отношении зрительных функций [116, 147, 184].

Электростимуляция зрительного нерва может быть как прямой, так и непрямой (чрескожной). При прямой электростимуляции активный электрод подводят через хирургический доступ непосредственно к зрительному нерву. По данным исследований Шигиной Н.А. с соавторами (2001, 2003) у пациентов с низкой остротой зрения (до 0,09) при применении прямой электростимуляции положительный результат удавалось достичь в 48,9% случаев, при применении ЧЭС – у 41,6% [73].

Между тем, ЧЭС имеет свои преимущества. Благодаря своей доступности в использовании и возможности многократного повторения процедуры,

чрескожная электростимуляция (ЧЭС) стала весьма популярной методикой, а ее эффективность можно сопоставить с эффективностью лазерных методов лечения. Положительная динамика зрительных функций при использовании ЧЭС по данным разных авторов наблюдается у 33-86% пациентов с ЧАЗН [12, 46, 52, 63, 73, 86, 89, 107, 136]. При этом успешность лечения зависит от исходного уровня остроты зрения и причин возникновения заболевания. Повышение зрительных функций может быть достигнуто как благодаря восстановлению проводимости волокон ЗН, так и благодаря положительному воздействию на центральный отдел зрительного анализатора. Воздействие ЧЭС на зрительную кору вызывает возникновение очага повышенной нейронной активности, что способствует усилению работы нейронов коры и повышению афферентации к сетчатке. В результате восстанавливается рефлекторная связь между зрительным нервом и центральными регуляторными механизмами [12, 46, 52, 63, 73, 86, 89, 107, 136].

В недавнем исследовании Ш.М. Сафина с соавторами (2020) показана эффективность ЧЭС, применяемой в дополнение к традиционному лечению у больных с нарушениями зрения в периоде реабилитации после удаления опухоли хиазмально-селлярной области. Полученные результаты демонстрируют, что проведение ЧЭС способствует значительному улучшению функциональных результатов и стабилизации зрительных функций у этих пациентов [86].

Лазерная стимуляция, являясь популярным методом, часто применяется в комплексной терапии ЧАЗН, в том числе в комбинации с ЧЭС. В этой методике используются субпороговый лазер (по 0,4 мВт/см<sup>2</sup>), который стимулируют ткани, не нанося им повреждений [12, 89, 98]. Применение низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛ) стимулирует синтез РНК и ДНК в ганглиозных клетках сетчатки. Кроме того, НИЛ способствует более эффективному транспорту молекул через клеточные мембраны. Также отмечается повышение активности каталазы и цитохромоксидазы, что приводит к усилению окислительно-восстановительных реакций внутри клетки [66, 98].

Ряд исследователей отмечает, что помимо местного действия, лазер оказывает системное влияние на организм человека, в частности повышает активность антиоксидантной системы и снижает интенсивность перекисного окисления липидов. Также воздействие лазера способствует повышению концентрации соматотропного гормона, фибронектина и оксипролина, которые помогают процессам регенерации поврежденных тканей. В плазме крови и эритроцитах отмечается накопление цАМФ, что обеспечивает сосудорасширяющий эффект [73].

Имеются сообщения об эффективности ЧЭС у пациентов с оперированными опухолями головного мозга. Например, М.М. Бикбов с соавторами (2014) описали клинический случай положительной динамики (в виде повышения остроты зрения, расширения полей зрения и улучшения электрофизиологических показателей) в результате проведения ЧЭС у пациента с ЧАЗН после удаления опухоли хиазмально-селлярной области [107].

### ***Медикаментозная терапия***

Медикаментозное лечение ЧАЗН направлено, прежде всего, на улучшение трофики зрительного нерва. Для этого используют широкий спектр препаратов, включающих нейропротекторы, сосудорасширяющие препараты, антиоксиданты, ноотропные средства, витамины группы «В» и препараты, влияющие на реологические свойства крови [18, 38, 91].

Гематоофтальмический барьер является помехой для создания оптимальной терапевтической концентрации препаратов, поэтому предпочтительным остается местное применение лекарственных средств (субконъюнктивальные, пара- и ретробульбарные инъекции) [12]. Так, ряд авторов отмечает высокую эффективность медикаментозной терапии при ретробульбарном введении препаратов в комбинации с электрофизиологическим лечением [99]. При этом наилучших результатов удастся достичь при использовании ирригационных систем [38, 39].

С целью повышения эффективности лечения ЧАЗН предложены комбинированные методики, включающие разные виды физиолечения и

медикаментозной терапии [32, 38, 39, 105]. В том числе хорошие результаты показывает ЧЭС в комбинации с медикаментозным лечением. Например, по данным Д.А. Поваляевой с соавторами (2014) в ходе исследования пациентов с ЧАЗН клиническая эффективность терапии у пациентов, получающих медикаментозное лечение, составляла 53,5% в случаях прогрессирующего течения заболевания и 67,2% - в случаях стационарного течения заболевания. Эффективность лечения у пациентов, получивших помимо медикаментозного лечения курс ЧЭС, возросла до 72,4 и 81,5% соответственно. Исследователи отметили, что наименьший эффект терапия имела у пациентов с прогрессирующей сосудистой формой ЧАЗН [29].

В недавней работе И.В. Лобановой и Т.В. Павловой (2025) также показана эффективность комбинированной терапии ЧАЗН с использованием ЧЭС и медикаментозной терапии (пероральный прием трентала в возрастных дозировках, плюс внутримышечные и ретробульбарные инъекции церебролизина [38].

### ***Современные направления в области лечения ЧАЗН: стволовые клетки, генная инженерия, иммунотерапия***

В настоящее время одним из интересных направлений в исследованиях регенерации биологической ткани является изучение возможностей использования стволовых клеток, которые по происхождению можно разделить на 3 основные группы: эмбриональные, фетальные и постнатальные стволовые клетки. Мезенхимальные стволовые клетки (МСК) относятся к постнатальным полипотентным стволовым клеткам, получаемым из костного мозга [145]. В пилотном исследовании Г.Н. Бисага с соавторами (2017), проведенном в группе пациентов с рассеянным склерозом, осложненным АЗН, было выявлено достоверное улучшение зрительных функций и снижение неврологической симптоматики после лечения с использованием аутологичных мультипотентных МСК [72].

Другим примером исследований в этом направлении является использование индуцированных полипотентных стволовых клеток человека

(hiRSC), получаемых путем перепрограммирования соматических клеток (обычно фибробластов кожи или клеток крови), которые могут дифференцировать в том числе и в предшественники нервных клеток [177].

Открыв связь генных мутаций с конкретными заболеваниями, ученые получили возможность редактировать гены для лечения заболеваний, в том числе наследственных [112]. Основными техниками генной инженерии являются вирусные векторы (например, аденоассоциированный вирус), использующие специальные инактивированные вирусы для доставки генетического материала в клетку, и CRISPR (особые локусы бактерий и архей). В настоящее время рассматривается более 40 генов, способных воздействовать регенерацию аксонов зрительного нерва [135, 143, 148, 164, 181].

Между тем, несмотря на хорошие перспективы в области нейропротекции, генная терапия в настоящее время имеет ряд недостатков: высокая стоимость исследований, нейтрализация аденоассоциированного вируса у 30-70% населения, офф-таргет действие CRISPR технологии [113, 183].

Важным направлением исследований в лечении атрофии зрительного нерва также является иммунотерапия [118, 154]. В ответ на повреждение ЗН развивается воспаление, а клетки микроглии высвобождают цитокины (IL-1 $\beta$ , IL-6, TNF- $\alpha$ ), хемокины (CCL2, CCL3, CCL5) и реактивные формы кислорода, которые направляют макрофаги, нейтрофилы и миелоидные супрессоры клетки к месту повреждения. При правильном регулировании микроглия может способствовать регенерации нервной ткани, а длительное воспаление может быть как опасно, так и полезно для зрительного нерва [118, 154].

## **1.8 Бинокулярные зрительные функции и пространственное восприятие у пациентов с ЧАЗН**

Пространственное зрительное восприятие является сложным процессом, который играет важную роль в адекватном реагировании организма на воздействие внешней среды. Нейрофизиологические механизмы, обеспечивающие пространственное восприятие, основаны на нормальном функционировании межнейрональных связей между различными

структурами зрительного анализатора, корково-подкорковыми структурами, а также между проекционными и ассоциативными областями коры больших полушарий, в том числе участвующими в процессах зрительной памяти [7, 81, 106, 129].

Обычно пространственное восприятие рассматриваются в рамках бинокулярной системы, работа которой основана на том, что сигналы, поступающие в мозг от каждого глаза, интегрируются в единый трехмерный образ внешнего мира. В процессе объединения монокулярных изображений в бинокулярной образ (фузии) принято выделять сенсорный и моторный механизмы [31, 81].

Сенсорная фузия обеспечивает слияние монокулярных изображений, которые попадают на сопоставимые участки сетчаток (корреспондирующие точки), которые представлены фовеа и симметричными точками, в бинокулярное изображение [31, 96, 138, 144].

Моторная фузия – это двигательный рефлекс, направляющий зрительные оси на рассматриваемый объект [31, 96, 138, 144].

Координированная работа глазодвигательных мышц, фузионный рефлекс и фузионные резервы необходимы для «наведения» и «удержания» монокулярных образов в фовеа одновременно обоих глаз. При этом эффект достигается за счет слаженной и сопряженной работой сенсорной, моторной, проприоцептивной и аккомодационной составляющих зрительного анализатора [31, 96, 138, 144].

Устойчивое бинокулярное зрение обеспечивается неограниченным движением глаз в полном объеме, минимальной остротой зрения 0,4 каждым глазом, равным размером изображений на сетчатке (изейкония). Также для обеспечения бинокулярного зрения необходимо отсутствие выраженных органических и функциональных нарушений зрительного анализатора. Наиболее существенным проявлением бинокулярных нарушениях является косоглазие [31, 65, 95, 96, 138, 144].

Причины косоглазия могут быть связаны с различными центральными и периферическими нарушениями: органические нарушения строения и прикрепления глазодвигательных мышц, вызванные разными причинами нарушения их иннервации; врожденные и приобретенные нарушения на уровне сетчатки и/или центрального отдела зрительного анализатора (врожденные аномалии; патология аккомодационной системы; наследственная предрасположенность [2, 31, 65, 76, 96, 138, 144].

В последние десятилетия для обозначения содружественного неаккомодационного косоглазия (сходящегося и расходящегося), возникающего на фоне снижения остроты зрения при помутнении оптических сред, патологии сетчатки и зрительного нерва (в частности ЧАЗН), в литературе предложен термин «сенсорное косоглазие» или «косоглазие сенсорной депривации». При этом виде косоглазия результаты функциональной коррекции бинокулярных функций зависят, прежде всего, от возможности улучшения остроты зрения. Если повысить остроту зрения не удастся, рассматривается вопрос о хирургическом лечении с косметической целью [31, 78, 138].

Используемый ранее для обозначения сенсорного косоглазия термин «вторичное косоглазие» в последние годы стали чаще употреблять для обозначения косоглазия, противоположного по направлению первоначальному, возникающего после хирургического лечения или оптической коррекции, (например, расходящееся после оперированного сходящегося) [42, 78].

Наряду с явлением бинокулярной интеграции существует также представление о бинокулярной конкуренции, согласно которому одиночность бинокулярного восприятия связана с процессом мозаичного торможения корреспондирующих элементов парного глаза в зрительной коре, которое протекает по принципу обратной индукции на уровне четвертого слоя первичной зрительной коры. Согласно этой гипотезе, височные половины сетчаток связаны с более поверхностным подслоем IVa, а носовые – с более глубоким подслоем IVc. Расположенная между ними Дженнарова полоса (подслой IVb), содержащая множество коротких миелиновых волокон и звездчатые клетки Мейтнера,

возможно является морфологическим субстратом взаимодействия двух монокулярных систем [5, 122]. Предполагают, что нейроны подслюя IVb функционируют по принципу «вентиля». При этом они поочередно в определенном ритме пропускают информацию то с нейронов подслюя IVa, то с нейронов подслюя IVc в иерархически более высокие нейроны зрительной коры для последующей обработки и анализа [5, 122]. Экстрастриальные области также участвуют в этом процессе, а наибольшее количество нейронов, реагирующих согласованно с перцептивными сдвигами при бинокулярной конкуренции, отмечается в зонах V3, V4 [5, 122].

Практическое применение «вентильная» теория и теория бинокулярной конкуренции получили при разработке методов исследования и восстановления бинокулярного зрения при помощи фазовой гаплоскопии, создаваемой жидкокристаллическими очками (ЖКО) [11, 71, 79, 84, 93, 94, 101, 127].

Одни из первых очков с жидкокристаллическими линзами были разработаны французским ученым Р. Chaumont (1980). Они позволяли поочередно задействовать как каждый глаз по отдельности, так и оба глаза одновременно, при этом была возможность установить продолжительность каждой фазы, то есть схема лечения каждого пациента была индивидуальной [101, 127].

В ряде работ была показана эффективность использования разработанного в нашей стране аппаратно-программного комплекса «Капбис-1» (комплекс «жидкокристаллические очки-компьютер») для развития бинокулярных зрительных функций у пациентов с содружественным косоглазием (при положении глаз, близком к ортотропии) и амблиопией [71, 79, 84, 104].

В дальнейшем были использованы игровые технологии I-ViT с применением ЖКО для лечения амблиопии у детей и у взрослых [165].

Американская разработка ЖКО Amblyz использовалась для лечения амблиопии. Длительность затемнения жидкокристаллических линз в этих очках программировалась индивидуально, создавая режим периодической монокулярной окклюзии лучше видящего глаза [114, 115, 117, 132, 166]. Была

показана эффективность их применения по сравнению с использованием обычной прямой окклюзии [182].

Исследования, проведенные И.Э. Азнауряном и его коллегами (2020, 2021), показали потенциал использования фазовой гаглоскопии для улучшения и реабилитации сенсорной фузии у детей после оперативного лечения по поводу содружественного косоглазия. В работах они использовали **ЖКО Strabo Glasses** собственной разработки [11, 93, 94].

Поочередное предъявление зрительных стимулов при помощи **компьютерной программы** также является перспективным способом, используемым для развития сенсорной фузии и повышения качества бинокулярных зрительных функций у детей с амблиопией и косоглазием [3, 81].

Несмотря на то, что использование альтернирующих режимов в терапии нарушений бинокулярного зрения у детей-амблиопов и пациентов с косоглазием имеет доказанную эффективность, до настоящего времени применение описанной технологии не использовалась для лечения детей с ЧАЗН. По данным имеющейся литературы, ведущим в лечении бинокулярных нарушений у детей с ЧАЗН рассматривается хирургическая коррекция угла косоглазия [42, 64].

Известно, что бинокулярное зрение имеет ряд преимуществ перед монокулярным [55, 80, 81, 82, 83]. Между тем, восприятие некоторых характеристик стимулов, касающихся их положения и перемещения в трехмерном пространстве, возможно и за счет эволюционно более древнего монокулярного механизма.

У функционально здорового человека бинокулярный и монокулярные механизмы применяются совместно, не мешая друг другу (содружественно), однако, бинокулярный механизм преобладает в зрительно-пространственном восприятии. При этом экспериментально или в условиях патологии глаза баланс может смещаться в сторону преобладания монокулярного зрения [55, 80, 81, 82, 83].

В отличие от бинокулярного зрительно-пространственного восприятия, когда оба глаза одновременно обрабатывают смещенные проекции изображения,

монокулярный механизм с участием зрительной инерции обрабатывает сигналы об относительном смещении деталей проекций объектов на сетчатке одного глаза. [55, 121, 176].

В исследованиях, посвященных силовым взаимоотношениям бинокулярного и монокулярного механизмов пространственного восприятия важное место занимают иллюзии глубины, вызываемые движущимися двухмерными стимулами. Такая иллюзия проявляется как в бинокулярных, так и в монокулярных условиях наблюдения, при этом у испытуемых с нормальным состоянием бинокулярных функций (противодействующих иллюзии) выраженность ее в монокулярных условиях наблюдения как правило значительно выше [55, 80, 81, 82, 83].

Одним из способов исследования монокулярного механизма пространственного восприятия и его силовых отношений с бинокулярным механизмом является оценка выраженности стереокинетического эффекта (СЭ). Стереокинетический эффект проявляется как зрительная иллюзия объемного изображения при рассматривании округлых или эллипсоидных плоских движущихся изображений со смещенным центром [55, 80, 81, 82, 83, 121, 176]. По данным литературы, значение СЭ увеличивается при взгляде одним глазом (монокулярно) и при большем смещении центров более мелких колец по отношению к более крупным (эксцентриситет). Кроме того, СЭ зависит от скорости вращения: чем выше скорость, тем больше СЭ [55, 80, 81, 82, 83].

Кроме того, существуют данные, что величина и характер СЭ определяются рядом факторов. Согласно результатам работ разных авторов, к таким факторам относят: расстояние от обследуемого до тестового рисунка, наблюдение одним глазом или двумя, скорость вращения тестового рисунка, освещенность помещения, величина тестового рисунка и эксцентриситет составляющих его колец. Используя СЭ, исследователи установили степень вовлеченности различных структур мозга (верхнее двухолмие, проекционные и ассоциативные зоны коры, проприоцепция, центры управления движениями глаз) в пространственное зрение [55, 80, 81, 82, 83].

При исследовании детей с врожденной ЧАЗН ряд авторов применяли тест-объекты с разным смещением центров колец и разной скоростью вращения тестового рисунка. Авторы отмечали увеличение выраженности при увеличении скорости вращения кольцевого изображения более 30 оборотов в минуту независимо от эксцентриситета. Было показано, что у всех детей с ЧАЗН бинокулярные оценки величины виртуального конуса были сопоставимы с монокулярными и это свидетельствовало о преобладании монокулярного механизма пространственного зрения [82].

В работах по исследованию СЭ у детей с содружественным косоглазием было показано положительное влияние функционального лечения содружественного косоглазия у детей на соотношение у них механизмов пространственного восприятия в виде усиления бинокулярного механизма [81].

Таким образом, за последние десятилетия достигнуты значительные успехи в области изучения этиологии, патогенеза, диагностики, лечения и реабилитации пациентов с полной и частичной АЗН. В то же время большинство авторов в своих работах изучали эффективность использования медикаментозного лечения и физиотерапии для повышения остроты зрения у детей с ЧАЗН, а улучшение бинокулярного зрения оценивали как результат хирургического устранения девиации. В связи с вышесказанным не вызывает сомнений актуальность разработки эффективных методов диагностики и функционального лечения нарушений бинокулярного зрения у детей с ЧАЗН. При этом важно, чтобы эти методы были индивидуальными и учитывали особенности зрения каждого пациента.

## Глава II МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Дизайн исследования

Всего в общей группе 411 детей проведено 1233 исследований и 1980 лечебных процедур. Исследования проводились: в контрольной группе 67 детей без офтальмопатологии и в группе 120 детей с врожденной ЧАЗН на базе кабинета охраны зрения школы 1499 ШО №5 (для детей с офтальмопатологией) г.Москвы; в группе 224 детей, перенесших опухоли головного мозга на базе НИИ развития мозга и высших достижений РУДН и базе детских клиник «Ясный взор» (рисунок 1).

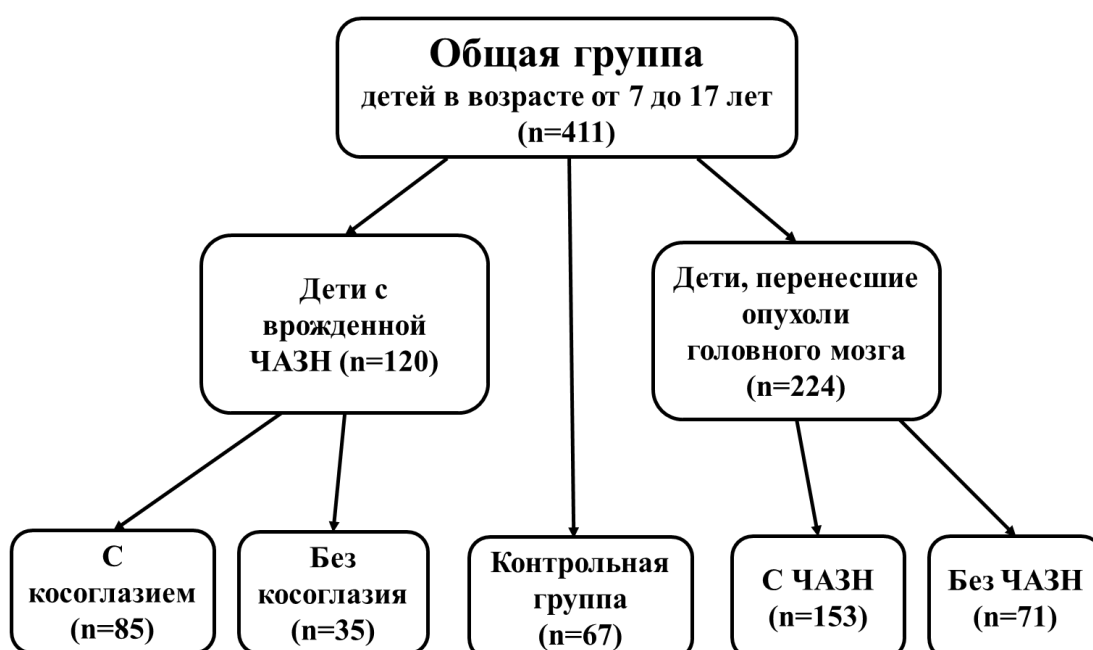


Рисунок 1 – Схема дизайна исследования

### 2.2 Материал исследования

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: дети, находящиеся в периоде ремиссии больше шести месяцев после окончания лечения основного заболевания, без тяжелой неврологической или соматической патологии (затрудняющей обследование).

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.

В таблице представлены клинические характеристики детей с врожденной частичной атрофией зрительного нерва (табл. 1).

Таблица 1 – Клинические характеристики исследуемых групп детей с частичной атрофией зрительного нерва (ЧАЗН)

| Клинические характеристики                                       |                       | Группы детей с ЧАЗН |                      |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
|                                                                  |                       | С косоглазием, n=85 | Без косоглазия, n=35 |
| Возраст (годы) Me [25; 75]                                       |                       | 13,7±2,7            | 14,2±2,5             |
| Пол женский / мужской, абсолютное число детей (%)                |                       | 28/57 (67,1/32,9)   | 21/14 (60/40)        |
| Корригированная острота зрения до лечения (усл. ед.) Me [25; 75] | Лучше видящий глаз    | 0,3 [0,2; 0,5]      | 0,2 [0,2; 0,4]       |
|                                                                  | Хуже видящий глаз     | 0,2 [0,1; 0,3]      | 0,2 [0,1; 0,3]       |
|                                                                  | Бинокулярно           | 0,3 [0,2; 0,5]      | 0,3 [0,15; 0,5]      |
| Виды рефракции, абсолютное число детей (%)                       | Гиперметропия         | 37 (43,5)           | 12 (34,3)            |
|                                                                  | Миопия                | 35 (41,2)           | 15 (42,9)            |
|                                                                  | Смешанный астигматизм | 7 (8,2)             | 5 (14,3)             |
|                                                                  | Афакия                | 5 (5,9)             | 3 (8,6)              |
|                                                                  | Артифакия             | 1 (1,2)             | 0                    |
| Ортотропия, абсолютное число детей (%)                           |                       | 0                   | 35 (100)             |
| Косоглазие, абсолютное число детей (%)                           | расходящееся          | 30 (35,3)           | 0                    |
|                                                                  | сходящееся            | 55 (64,7)           | 0                    |
| Врожденный горизонтальный нистагм, абсолютное число детей (%)    |                       | 36 (42,4)           | 14 (40)              |

## 2.3 Методы диагностики

### 2.3.1 Стандартные офтальмологические методы исследования

При осмотре пациентов проводили стандартное обследование органа зрения (установленное приказом Министерства Здравоохранения РФ от 25.10.2012 года №422н, ред. Министерства Здравоохранения от 27.07.2020г №746н и Приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 09.10.2025 № 614н "Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи детям по профилю "офтальмология" (Зарегистрирован 27.10.2025 № 83962)).

Стандартное офтальмологическое обследование включало: рефрактометрию (авторефрактометр «Huvitz НКЛ-1» (Корея)); определение некорригированной и корригированной 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 (аккомодометр «АКА-01» (Россия)).

Дополнительно оценивали: электрофизиологические показатели (порог электрической чувствительности и электрическую лабильность) 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.

### 2.3.2 Методика определения характера зрения при помощи четырехточечного цветотеста

Характер зрения оценивали по четырехточечному цветотесту, используя стандартную методику, с расстояния 1м и 5м от пациента [31]. Целью исследования было определение детьми цвета и количества тестовых огоньков на панели прибора (рисунок 2).

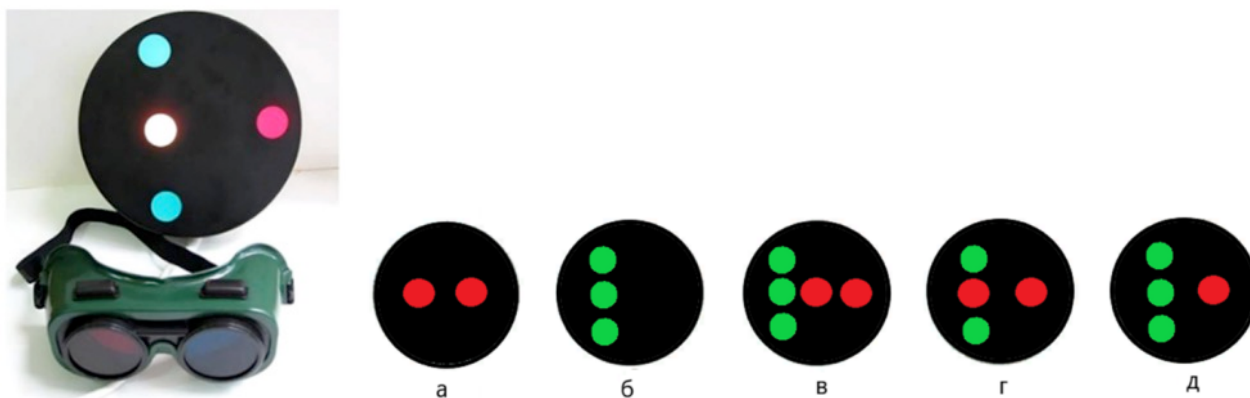


Рисунок 2 – Четырехточечный цветотест и возможные результаты обследования:

- а) монокулярный характер зрения с доминированием правого глаза,
- б) монокулярный характер зрения с доминированием левого глаза,
- в) одновременный характер зрения,
- г) бинокулярный характер зрения с доминированием правого глаза,
- д) бинокулярный характер зрения с доминированием левого глаза

### 2.3.3 Методика определения угла косоглазия по Гиршбергу

Исследование проводили по стандартной методике [31] На не косящем глазу световой рефлекс от точечного источника света соответствовал центру зрачка. На косящем глазу угол косоглазия определяли по смещению светового рефлекса: отражение света по краю зрачка –  $15^\circ$ , между краем зрачка и лимбом –  $25-30^\circ$ , на лимбе  $45^\circ$ , за лимбом  $60^\circ$ .

### 2.3.4 Диагностика корреспонденции сетчаток на синоптофоре

#### *Оценка объективного угла косоглазия (ОУ)*

Исследование проводили классическим способом. Объективный угол косоглазия тестировали, наблюдая за движением глаз ребенка, с помощью

поочередного переключения правого и левого изображений (кошка с ушками и хвостиком) с движением тубусов до исчезновения установочных движений глаз пациента. Результаты фиксировали по шкале синоптофора (в градусах) [31].

### ***Оценка субъективного угла косоглазия (СУ)***

Для оценки субъективного угла (СУ) косоглазия пациент двигал тубусы синоптофора кнутри или кнаружи по своим ощущениям: 1) при нормальной корреспонденции сетчатки – до бифовеального слияния объекта, 2) при функциональной скотоме подавления – до исчезновения одного из объектов. Результаты также фиксировали по шкале синоптофора.

### ***Исследование состояния корреспонденции сетчаток***

Состояние корреспонденции сетчатки классифицировали следующим образом:

1. Бифовеальное слияние определяли при сопоставлении тест-объектов двумя глазами под объективным углом косоглазия ( $OY=CY=0^\circ$ )
2. Регионарную функциональную скотому подавления определяли в случаях, когда изображение с одного из глаз пропадало в области объективного угла.
3. Регионарная функциональная скотома в нефовеальной зоне фиксировали при исчезновении тестового изображения в области  $OY=0$ .
4. Нефовеальное слияние устанавливали при совмещении тестовых изображений под  $CY \neq OY$ .
5. В случае отсутствия одного из тест-объекта независимо от его расположения или наложении тест-объектов обоих глаз по границе скотомы определяли тотальную скотому [31].

### ***Исследование фузионных резервов***

Для определения фузионных резервов сдвигали и раздвигали (положительные и отрицательные ФР соответственно) тест-объекты до момента их двоения. Величину фузионных резервов исследовали исключительно у пациентов с бифовеальным слиянием.

### 2.3.5 Методы исследования стереокинетического эффекта

Изучая стереокинетический эффект (СЭ), в своей работе мы использовали кольцевой тест-объект, представляющий собой несколько черных и белых окружностей. Более мелкие кольца смещены относительно центра более крупного кольца (эксцентриситет 0,4), диаметр тест-объекта составлял 20 см (рисунок 3).



Рисунок 3 – Кольцевой тест-объект для изучения СЭ

Исследование проводили на ноутбуке с установленным программным обеспечением, разработанным М.В. Жмуровым. Пациента усаживали на расстоянии 3м от монитора ноутбука, при наличии аметропии – использовали оптимальную оптическую коррекцию. Освещение кабинета составляло 500 люкс. В соответствии с программой кольца вращались со скоростью 60 оборотов в минуту, образуя оптическую иллюзию объемного конуса. Задачей исследуемого ребенка являлось сопоставление высоты выступающей фигуры (видимый конус) с одним из семи бумажных эталонных конусов высотой 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 см и одинаковым диаметром 20 см. При исследовании проводили 3 независимых замера – бинокулярно и монокулярно каждым глазом по отдельности [81, 82, 83].

### 2.3.6 Методы исследования стереозрения

Тест «летающая муха» (Fly-test) осуществляется за счет поляроидных очков и буклета с поляроидными вектограммами фирмы Titmus [138, 144].

Ребенку предлагалось смотреть через поляроидные очки на вектограммы, расположенные на расстоянии 40-45см от глаз. Предъявлялась серия изображений различного размера и диспаратности: от 3000" у наиболее крупного до 40" у наименьшего (рисунок 3 а). При наличии стереозрения ребенок мог различить объемные изображения, а при отсутствии стереозрения ребенок воспринимал изображения плоскими.

**Тест Ланга (Lang-test)** основан на случайной комбинации точек и многочисленных цилиндрических решетках, благодаря которым в условиях стереоскопического зрения можно увидеть объемные изображения. Существует два варианта теста – Lang I и Lang II, которые отличаются тестовыми объектами. Тест-изображения в Lang I имеют диспаратностью от 1200" до 550", а тест-изображения Lang II имеют диспаратностью от 600" до 200". Кроме того, Lang II содержит контрольное изображение звезды, видимой даже одним глазом [138, 144]. Перед глазами исследуемого ребенка размещали карточку с изображениями на расстоянии 30-40 сантиметров и просили найти на ней объемные фигуры (Lang I – кошка, звезда, машина; Lang II – звезда, слон, грузовой автомобиль, месяц). Возможность видеть объемное изображение пациентом трактовалось как наличие стереозрения, а отсутствие таковой – определялось как отсутствие стереозрения (рисунок 4 б).



Рисунок 4 – Стереотесты: Fly-test (а), Lang-test (б)

### 2.3.7 Исследование зрительной памяти при помощи программы «ЭКСПО»

Зрительную память исследовали на программном обеспечении “ЭКСПО” института проблем передачи информации им. А.А.Харкевича РАН [3]. На мониторе ноутбука исследуемому поочередно в случайном порядке демонстрировали 10 изображений в 4 режимах: с ахроматическими изображениями с длительностью предъявления картинок 0,4с и 2с, а также с цветными изображениями при тех же значениях длительности. Ребенку показывали картинки в бинокулярных условиях. Если у ребенка выявляли аметропию, то исследование проводили в условиях очковой или контактной коррекции. Пациент следил за появляющимися картинками в бинокулярных условиях, при наличии аметропии – с оптимальной оптической коррекцией. По завершению демонстрации 10 изображений проводился опрос – видел ли пациент изображение или нет? Ответы оценивали по 10-балльной системе от 0 до 10 (рисунок 5).

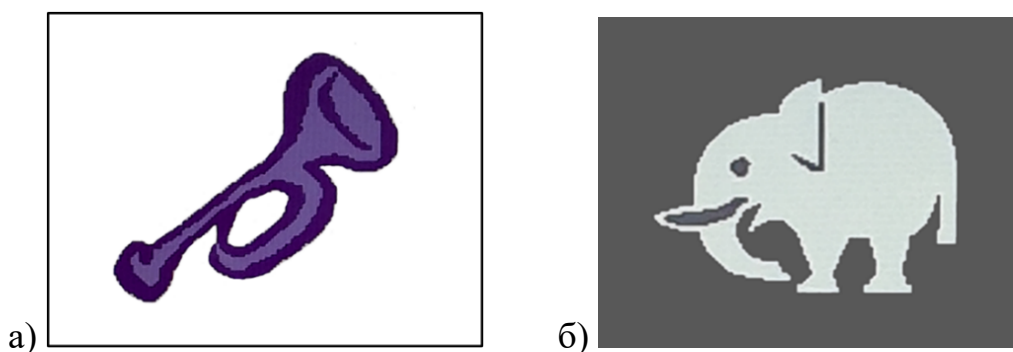


Рисунок 5 – примеры тест-объектов для запоминания: а) цветное изображение; б) ахроматическое изображение.

### 2.3.8 Исследование порога электрической чувствительности и электрической лабильности

Для исследования электрофизиологических показателей использовали чрескожный офтальмологический электростимулятор ЭСОМ (МНПП «НЕЙРОН», Россия) (рисунок 6).



Рисунок 6 – Чрескожный офтальмологический электростимулятор «ЭСОМ»

Определяли порог электрической чувствительности (ПЭЧ) и электрическую лабильность (ЭЛ) сетчатки. ПЭЧ – минимальное значения амплитуды тока, способного вызвать ощущения свечения в глазу (фосфен). ЭЛ – максимальное значение частоты электрических импульсов, при которой фосфены воспринимаются как отдельные свечения [63, 86, 107].

Исследования проводили в условиях сниженного освещения (около 100 лк) с предварительной темновой адаптацией пациента в течение 5 минут с помощью двух электродов: пассивного и активного. При этом первый подключали к пальцу, обернутому смоченной физраствором салфеткой. Вторым электродом, активным, заворачивали в пропитанную физраствором салфетку и накладывали поочередно на закрытое верхнее веко с темпоральной стороны обоих глаз.

ПЭЧ определяли путем увеличения амплитуды тока до появления у пациента фосфенов. Для определения ЭЛ увеличивали полученную на прошлом этапе амплитуду тока в 1,5 раза, постепенно повышали частоту электрических импульсов, начиная с 5 Гц, до появления у пациента ощущения слияния фосфенов (т.е. до момента, когда пациент перестанет различать отдельные мигания) [63, 86, 107].

## **2.4 Методы функционального лечения нарушений бинокулярного зрения**

### **2.4.1 Проведение лечебной чрескожной электростимуляции**

Для курсовой чрескожной электростимуляции использовали офтальмологический электростимулятор ЭСОМ (МНПП «НЕЙРОН», Россия).

Лечение проводили по стандартной методике [63, 86, 107]. Амплитуда лечебного тока для каждого глаза устанавливалась в 1,5 раза больше, чем порог электрической чувствительности. Частота тока рассчитывалась путем снижения порогового значения ЭЛ на 5-10 Гц, при условии, что максимальная частота не превышала 25 Гц. Остальные характеристики используемого лечебного тока: длительность импульса составляла 10 мс, в количестве 5 импульсов в каждой пачке, интервал между пачками – 1 секунда, в серии – 30 пачек, интервал между сериями – 30 секунд, а всего назначалось 4 серии для каждого глаза. Лечение включало в себя 20 процедур, проводимых ежедневно [63, 86, 107].

#### **2.4.2 Методика развития сенсорной фузии при помощи жидкокристаллических очков Strabo Glasses**

Очки Strabo Glasses (**регистрационное удостоверение МИ № РЗН 2024/22979**), основанные на технологии жидкокристаллических экранов, созданные в ЦОЗДиП «Ясный Взор», применялись ранее для развития сенсорной фузии у детей с оперированным косоглазием и для повышения остроты зрения при амблиопии [11, 93, 94, 156].

В рамках настоящего исследования жидкокристаллические очки (ЖКО) Strabo glasses были впервые применены у детей с ЧАЗН для улучшения бинокулярного зрения по модифицированной методике (**Евразийский патент №048723 от 26.06.2024**).

Функциональное лечение пациента ЖКО Strabo Glasses основано на принципе фазовой гаплоскопии: при подаче электрического тока на одну из линз очков происходит ее затемнение, вторая при этом остается полностью прозрачной (рисунок 7 а). При наличии аметропии – использовали оптимальную сфероцилиндрическую коррекцию, а у детей с косоглазием – призматическую коррекцию, при этом линзы устанавливали с помощью специальной насадки прямо поверх ЖКО (рисунок 7 б). Во время терапии на экране компьютера диагональю 60 см, на расстоянии 70 см от глаз в условиях стандартного освещения кабинета 500 лк включали мультфильмы для стимуляции зрительного анализатора.



а)



б)

Рисунок 7 – Жидкокристаллические очки Strabo Glasses без насадок (а) и с насадками для сферических, цилиндрических и призматических линз (б)

Для программирования частоты попеременного воздействия электрического тока на правую и левую линзу очков, ЖКО Strabo Glasses подключали через USB-вход к персональному компьютеру, где выставляли необходимые значения.

Курс функционального лечения составлял 20 занятий. Длительность каждого занятия 20 минут. У пациентов с аметропией – с соответствующей оптической коррекцией. Начальный этап лечения (10 занятий) предполагал использование попеременного затемнения жидкокристаллических линз на обоих глазах длительностью 150 мс. Последующие 10 занятий проводили с длительностью попеременного затемнения – 50 мс.

Выбор длительности альтернирующего затемнения стекол был основан на результатах предыдущего исследования бинокулярного и стереозрения, при альтернирующем предъявлении с помощью компьютерной программы красных и синих деталей стимулов на экране монитора и наблюдении их пациентами через красный фильтр перед одним глазом и синий фильтр перед другим глазом. В этих экспериментах у офтальмологически здоровых обследованных детей были получены результаты, свидетельствующие о появлении стереообраза при попеременном предъявлении красных и синих деталей стереопары с длительностью 50 мс и меньше. Между тем, у наблюдаемых с косоглазием детей функциональное торможение косящего глаза исчезало при длительностях альтернирующего предъявления стимулов для правого и левого глаза больше 100 мс. Между тем, в предыдущих исследованиях не использовали альтернирующее

предъявление стимулов у пациентов с ЧАЗН ни для повышения остроты зрения, ни для улучшения бинокулярных зрительных функций [81, 172].

## **2.5 Методы статистической обработки полученных результатов**

Статистическая обработка полученных результатов проводилась при помощи программы SPSS statistics, ver.25 (IBM, США). Часть статистической обработки и построение графиков проводились при помощи программы Excel (Microsoft office 2019, Microsoft, 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. Для корреляционного анализа использовали критерий Спирмена. Для оценки силы корреляции применяли шкалу Чеддока: меньше 0,1 — связь практически отсутствует; 0,1–0,3 — слабая; 0,3–0,5 — умеренная; 0,5–0,7 — заметная; 0,7–0,9 — сильная; 0,9–1 — очень сильная [55, 102]. Для сравнения набора частот применяли критерий  $\chi^2$  Пирсона для несвязанных выборок и  $\chi^2$  Фридмана для связанных выборок. Статистически значимой разницей принимали  $p \leq 0,05$  для одной пары сравнений и  $p \leq 0,017$  для трех пар сравнений (учитывая поправку Бонферрони).

Работа проводилась при соблюдении принципов Хельсинкской Декларации, утвержденной Всемирной медицинской ассоциацией в 1996 и 2002 годах. Для участия детей в обследовании получено информированное добровольное согласие от их законных представителей. Диссертация оформлена в полном соответствии с нормами ГОСТ Р 7.0.11-2011.

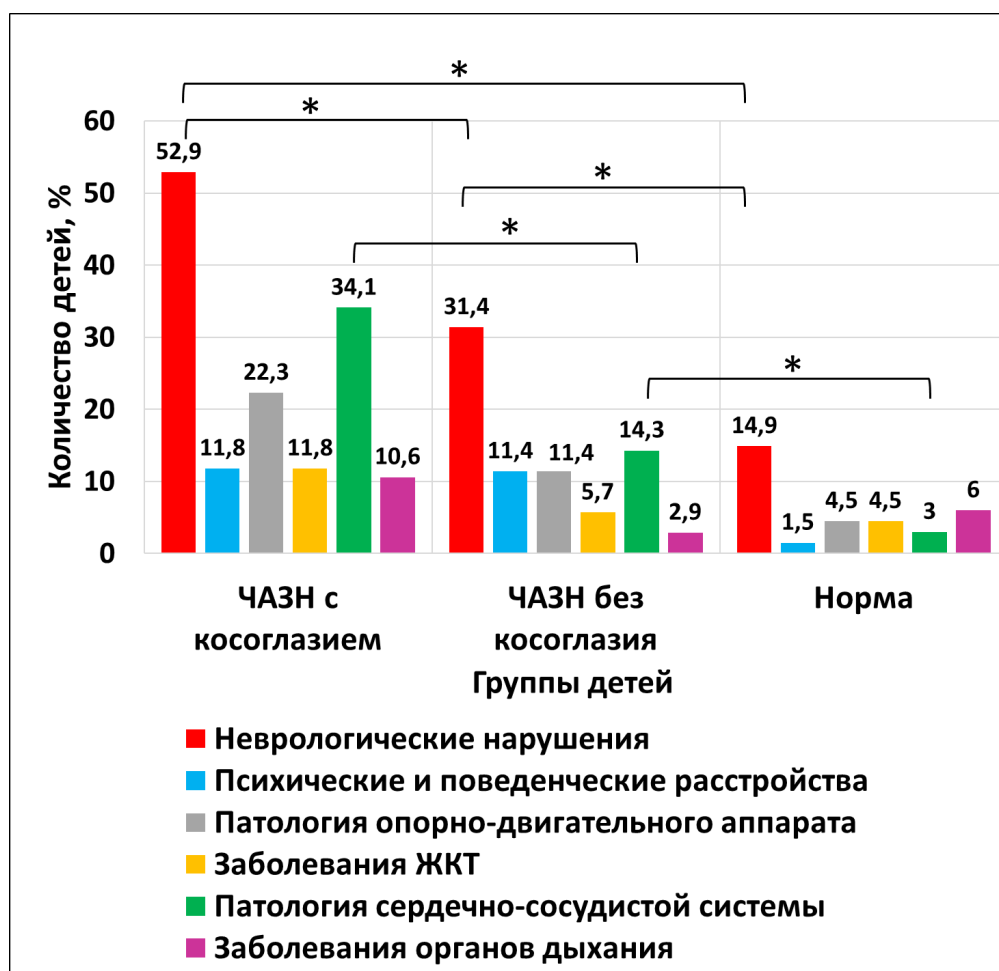
## ГЛАВА III РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 3.1 Результаты исследования зрительных функций у детей с врожденной ЧАЗН

Наблюдали 120 детей (240 глаз) в возрасте от 7 до 17 лет с врожденной двусторонней ЧАЗН. Диагноз подтвержден офтальмоскопически по характерным изменениям на глазном дне, а также при помощи электрофизиологических исследований (ЭРГ, ЗВП). Из них 85 (71%) детей с косоглазием и 35 (29%) детей без косоглазия. В контрольная группа включала 67 детей безофтальмопатологии. В разделе 2.1 подробно изложены клинические характеристики данных групп.

Более 75% пациентов в группе ЧАЗН с косоглазием имели коморбидные заболевания, что достоверно выше, чем в группе ЧАЗН без косоглазия, в которой коморбидная патология наблюдалась у 48,6% пациентов, а у детей без офтальмопатологии соматические и неврологические нарушения выявлялись только в 26,9% случаев.

В структуре коморбидной патологии у детей с ЧАЗН преобладали неврологические заболевания. В группе детей с ЧАЗН с косоглазием указанная патология встречалась в 52,9% случаев, что существенно чаще, чем в группе пациентов без косоглазия – 31,4% ( $p < 0,001$ ). Аналогичная картина наблюдалась при анализе болезней системы кровообращения. У детей с ЧАЗН в сочетании с косоглазием распространенность сердечно-сосудистых заболеваний составляла 34,1% случаев, а в группе детей с ЧАЗН без косоглазия – только 14,3% случаев ( $p < 0,001$ ) (рисунок 8).



Примечание:  $*p < 0,001$

Рисунок 8 – Распределение детей разных групп в зависимости от наличия соматических и неврологических нарушений

В контрольной группе неврологические заболевания наблюдались у 10 (14,9% детей), при этом встречались значительно реже, чем у пациентов из групп ЧАЗН ( $p < 0,001$ ). Выявленными неврологическими нарушениями были: вегетососудистая дистония (5 детей), синдром минимальной мозговой дисфункции (3 ребенка), нейросенсорная тугоухость (2 ребенка). Патология сердечно-сосудистой системы в группе контроля также встречалась реже, чем в группах детей с ЧАЗН ( $p < 0,001$ ).

Структура заболеваний нервной системы у 56 детей с ЧАЗН (11 детей с косоглазием и 45 детей без косоглазия) представлена на диаграмме (рисунок 9).

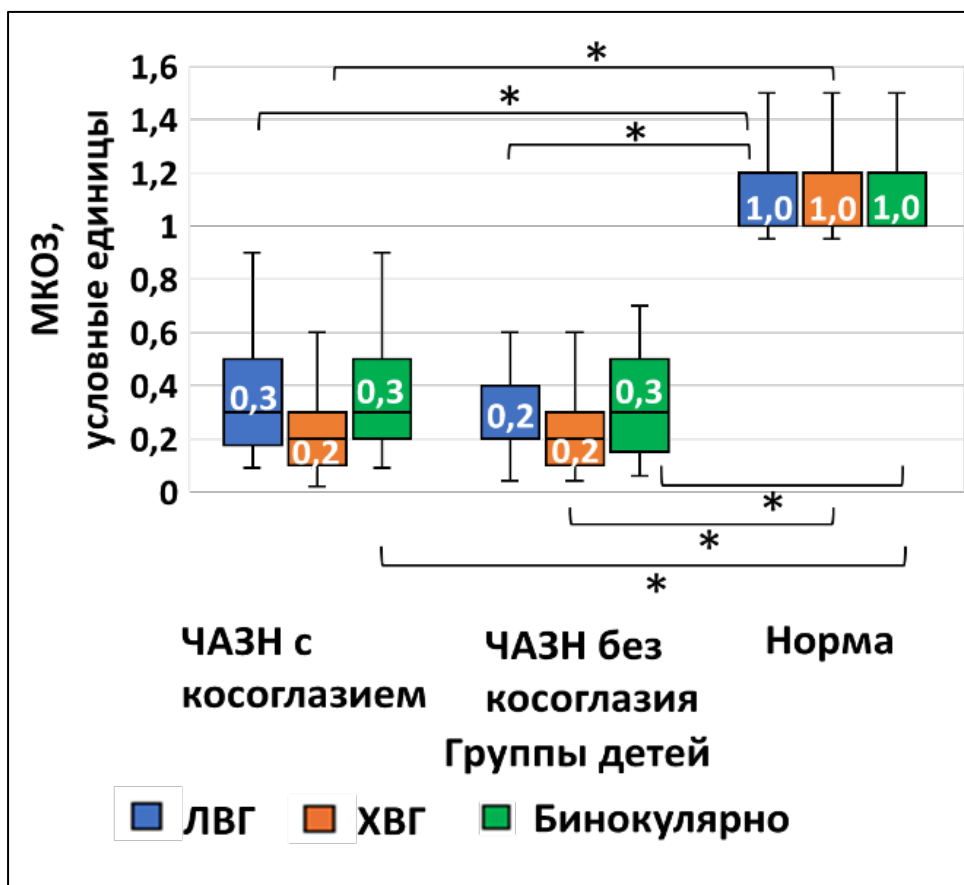


Рисунок 9 –  
Распределение детей с  
ЧАЗН (n=56) в  
зависимости от вида  
неврологической  
патологии

В структуре неврологических заболеваний у детей с ЧАЗН на первом месте по выявляемости был синдром минимальной мозговой дисфункции. Он наблюдался у 48% детей. Следующие по распространенности были вегетососудистая дистония и детский церебральный паралич (18% случаев). Головная боль напряжения выявлялась у 4% детей. Такое распределение видов коморбидной неврологической патологии может свидетельствовать о преобладании органической патологии у детей с ЧАЗН.

**Анализ нормальности распределения** результатов оценки показателей зрительных функций по критериям Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка показал, что распределение всех исследуемых показателей не являлось нормальным ( $p < 0,05$ ), поэтому для сравнения результатов использовали непараметрические критерии (Манна-Уитни для несвязанных выборок и Уилкоксона для связанных выборок).

**Показатели зрительных функций** пациентов всех групп показаны на диаграмме (рисунок 10). Стоит отметить, что у детей с аметропией указывали максимальную корригированную остроту зрения (МКОЗ).



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

Рисунок 10 – Показатели МКОЗ в разных группах детей

По результатам оценки полученных данных выявлены сопоставимые значения остроты зрения в группах ЧАЗН с косоглазием и без него ( $p > 0,05$ ), при этом острота зрения у пациентов этих групп была значительно снижена по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,001$ ).

Для оценки **показатели границ полей зрения** оценивали по сумме результатов измерения в восьми меридианах. Результаты оценки представлены на диаграмме (рисунок 11).

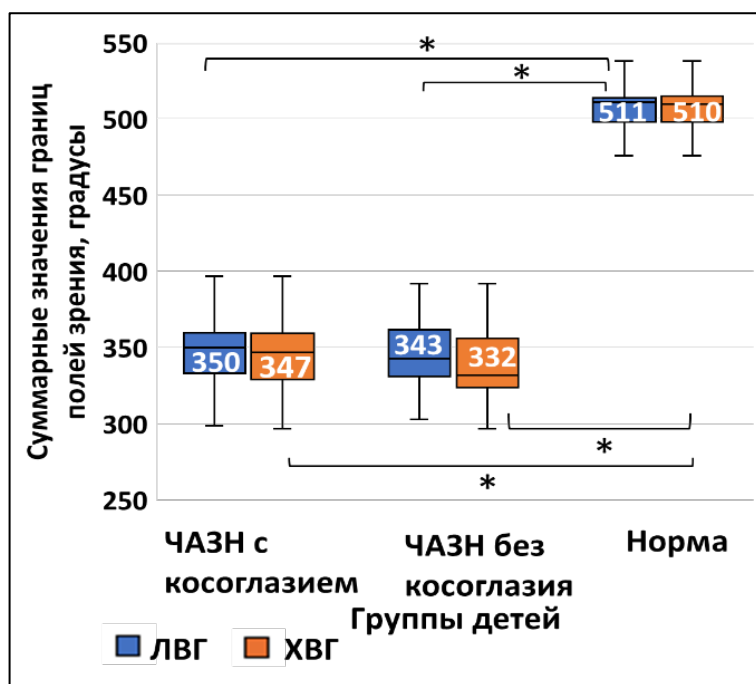


Рисунок 11 – Суммарные значения границ полей зрения в разных группах пациентов

Примечание:  $*p < 0,001$ , ЛВГ – лучше видящий глаз, ХВГ – хуже видящий глаз

Установлено, что сравниваемые показатели границ полей зрения не имеют статистического различия в группах пациентов с ЧАЗН как с косоглазием, так и без него ( $p > 0,05$ ), в то же время имеется значительное снижение показателей полей зрения у пациентов этих групп по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,001$ ).

Результаты исследования электрофизиологических показателей – порога электрической чувствительности (ПЭЧ) и электрической лабильности (ЭЛ) представлены на диаграммах (рисунок 12, 13).

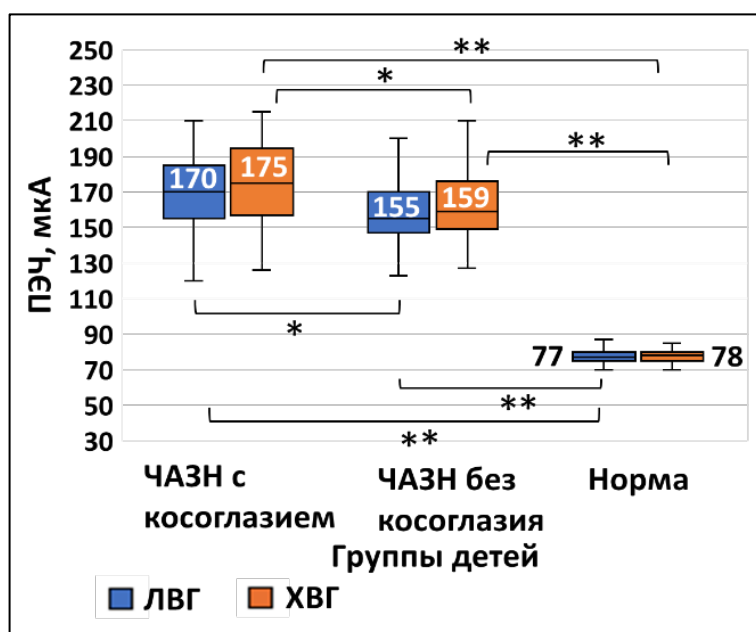


Рисунок 12 – Показатели порога электрической чувствительности в разных группах детей Примечание:  $**p < 0,001$ ,  $*p < 0,01$ , ЛВГ – лучше видящий глаз, ХВГ – хуже видящий глаз, ПЭЧ – порог электрической чувствительности

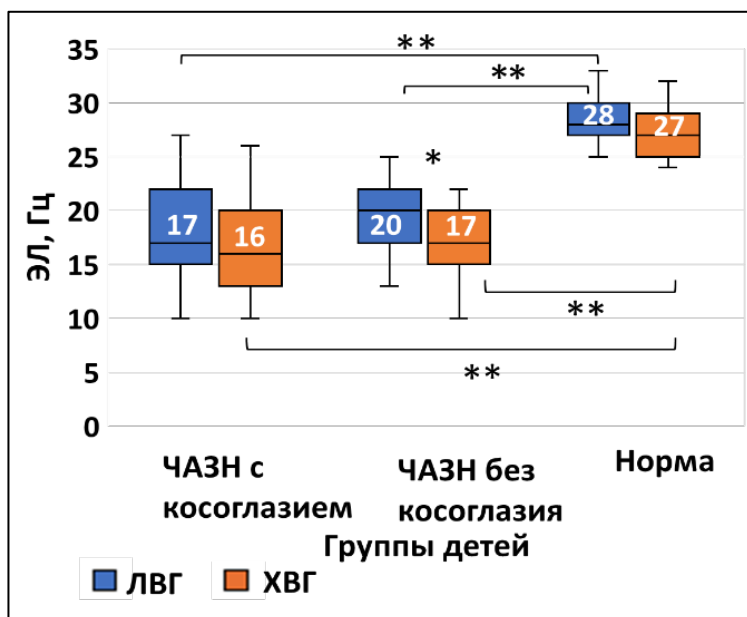


Рисунок 13 – Показатели электрической лабильности в разных группах детей  
 Примечание:  $**p < 0,001$ ,  $*p < 0,01$ , ЛВГ – лучше видящий глаз, ХВГ – хуже видящий глаз, ЭЛ – электрическая лабильность

У детей с ЧАЗН (с косоглазием и без косоглазия) значения ПЭЧ были выше, а показатели ЭЛ ниже, чем аналогичные показатели у детей контроля ( $p < 0,001$ ). В группе детей без косоглазия, показатели ЭЛ лучше видящего глаза были выше, чем показатели хуже видящего глаза ( $p = 0,02$ ), а в других группах они были сопоставимы ( $p > 0,05$ ).

Сравнивали также **объем абсолютной аккомодации** у детей разных групп (рисунок 14).

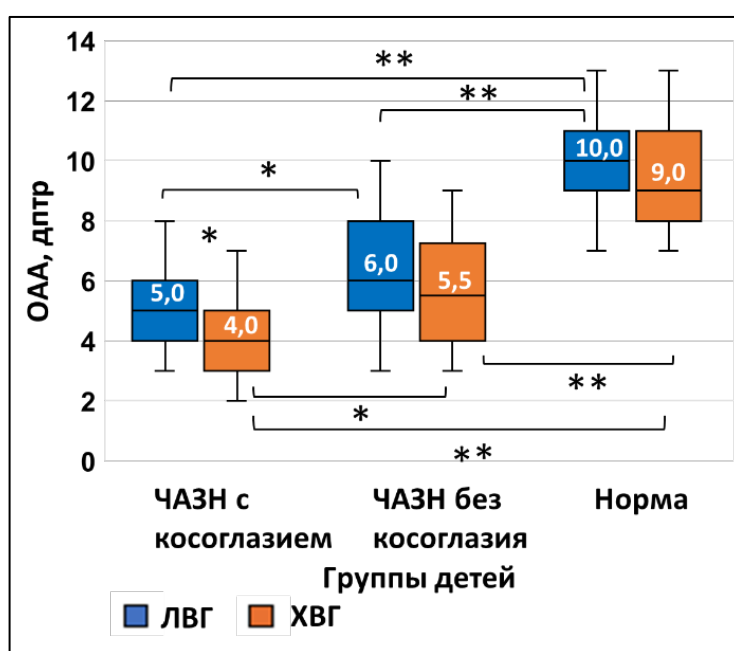


Рисунок 14 – Показатели ОАА у детей разных групп  
 Примечание:  $*p < 0,01$ ,  $**p < 0,001$ ,

ОАА – объем абсолютной аккомодации, ЛВГ – лучше видящий глаз, ХВГ – хуже видящий глаз

По результатам анализа полученных данных, следует выделить существенное снижение объема абсолютной аккомодации в группах пациентов с ЧАЗН относительно группы контроля ( $p < 0,001$ ). В то же время исследуемый показатель в группе детей с ЧАЗН, имеющих косоглазие, различался для косящего и некосящего глаза: для косящего глаза он был ниже, чем для фиксирующего глаза ( $p = 0,01$ ).

**Угол косоглазия исследовали на синоптофоре у детей с ЧАЗН, имеющих косоглазие** (таблица 2). Согласно нашим данным, в большинстве случаев у детей с ЧАЗН, имеющих косоглазие, величина как экзотропии, так и эзотропии не превышала 10 градусов.

Таблица 2 – Величина девиации у детей с ЧАЗН с косоглазием

| Величина девиации на синоптофоре | Вид косоглазия            |    |                           |      |
|----------------------------------|---------------------------|----|---------------------------|------|
|                                  | Расходящееся,<br>n=30     |    | Сходящееся,<br>n=55       |      |
|                                  | абсолютное<br>число детей | %  | абсолютное<br>число детей | %    |
| От 0 до 5 градусов               | 6                         | 20 | 20                        | 52,4 |
| От 6 до 10 градусов              | 15                        | 50 | 29                        | 36,7 |
| Больше 10 градусов               | 9                         | 30 | 6                         | 10,9 |

Во всех группах детей проводили обследование **состояния корреспонденции сетчаток** с помощью синоптофора, **характера зрения** - с помощью четырехточечного worth-теста; наличие **стереозрения** определяли с использованием Fly-test и Lang-test (таблица 3).

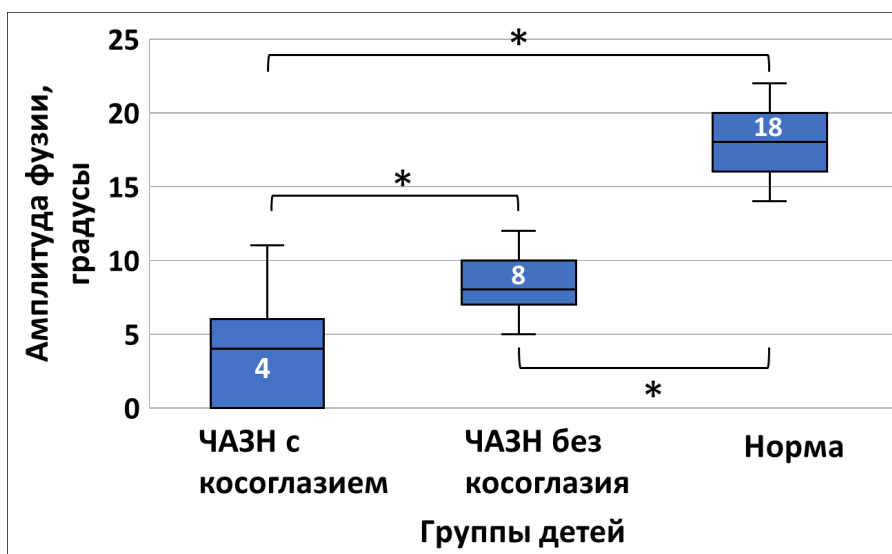
Таблица 3 – Показатели состояния корреспонденции сетчаток, характера зрения и наличия стереозрения у пациентов всех групп

| Бинокулярные зрительные функции                                                                       |                              | Группы детей                   |                                 |                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
|                                                                                                       |                              | ЧАЗН с<br>косоглазием,<br>n=85 | ЧАЗН без<br>косоглазия,<br>n=35 | Контрольная<br>группа,<br>n=67 |
| Корреспонденция<br>сетчаток, абсолютное<br>число детей (%)                                            | НКС                          | 32 (37,6)                      | 35 (100)                        | 67 (100)                       |
|                                                                                                       | ФСП                          | 53 (62,4)                      | 0                               | 0                              |
| Характер зрения,<br>абсолютное число<br>детей (%)                                                     | Бинокулярный<br>устойчивый   | 0                              | 21 (60)                         | 67 (100)                       |
|                                                                                                       | Бинокулярный<br>неустойчивый | 5 (5,9)                        | 14 (40)                         | 0                              |
|                                                                                                       | Одновременный                | 28 (32,9)                      | 0                               | 0                              |
|                                                                                                       | Монокулярный                 | 52 (61,2)                      | 0                               | 0                              |
| Наличие стереозрения,<br>абсолютное число<br>детей (%)                                                | Fly-test                     | 2 (2,4)                        | 17 (48,6)                       | 67 (100)                       |
|                                                                                                       | Lang-test                    | 0                              | 0                               | 67 (100)                       |
| <i>Примечания: НКС – нормальная корреспонденция сетчаток, ФСП – функциональная скотома подавления</i> |                              |                                |                                 |                                |

Анализируя представленные результаты, следует отметить, что бинокулярное устойчивое зрение не обнаружили в группе пациентов с ЧАЗН, имеющих косоглазие. В то же время неустойчивое бинокулярное зрение в этой группе мы обнаружили у 5 (5,9%) человек, из которых Fly-test был положительным у 2 (2,4%) детей, а при исследовании с Lang-test получили отрицательный результат у всех детей. Среди детей с ЧАЗН без косоглазия устойчивое бинокулярное зрение выявили в 60% случаев, а неустойчивое бинокулярное зрение – у 40% детей. Результаты Fly-test в этой группе оказались положительным у 17 (48,6%) пациентов, а результаты Lang-test отрицательные у всех пациентов группы. В группе контроля 100% пациентов имели бинокулярное устойчивое зрение, а также стереозрение по Fly- и Lang-test.

**Амплитуду фузии (сумму конвергентных и дивергентных фузионных резервов)** исследовали во всех группах у пациентов с наличием бифовеального

слияния: 32 детей в группе ЧАЗН, имеющих косоглазие; 35 детей в группе ЧАЗН без косоглазия; 67 детей контрольной группы (рисунок 15).



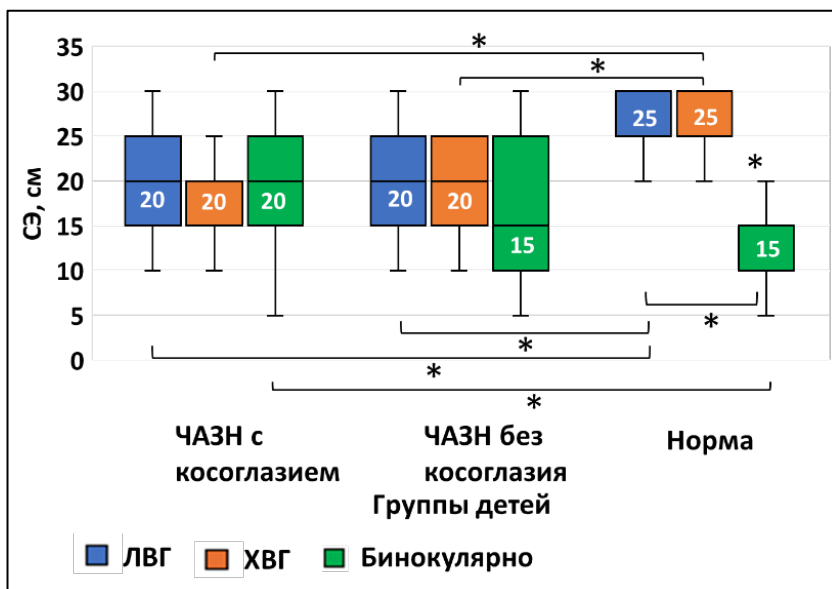
Примечание: \* $p < 0,001$

Рисунок 15 – Амплитуда фузии в разных группах детей

Сравнительный анализ амплитуды фузии показал, что худший показатель среди всех обследуемых пациентов был в группе ЧАЗН с косоглазием, тогда как лучший показатель амплитуды фузии наблюдался в группе контроля ( $p < 0,001$ ).

**Выраженность стереокинетического эффекта (СЭ)** оценивали у всех обследованных детей в монокулярных и бинокулярных условиях наблюдения. При исследовании в контрольной группе, у всех детей обнаружили заметную разницу монокулярных и бинокулярных показателей - монокулярные оценки СЭ у них были выше, чем бинокулярные ( $p < 0,001$ ). У детей с ЧАЗН, имеющих и не имеющих косоглазие, статистически значимой разницы между монокулярными и бинокулярными оценками величины объема виртуальной фигуры не обнаруживали ( $p > 0,05$ ), что можно объяснить снижением монокулярных значений в данных группах по отношению к группе контроля ( $p < 0,001$ ). Помимо этого, наблюдали более выраженный объем виртуальной фигуры в бинокулярных условиях у детей с ЧАЗН в сочетании с косоглазием, по сравнению с детьми контроля ( $p < 0,001$ ). Сравнение бинокулярных и монокулярных оценок демонстрирует отсутствие статистической разницы

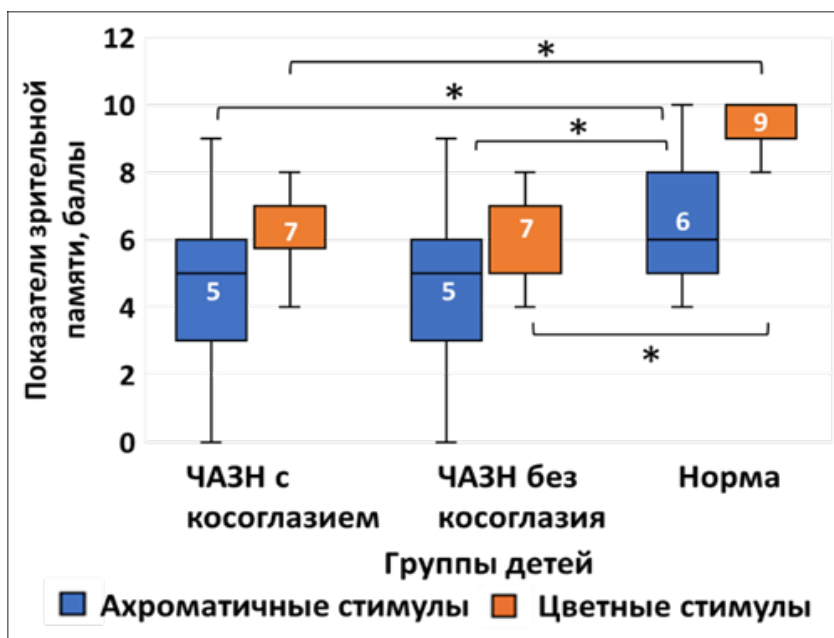
между ними у пациентов групп ЧАЗН, имеющих и не имеющих косоглазие ( $p>0,05$ ) (рисунок 16).



Примечание:  $*p<0,001$

Рисунок 16 – 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 17).



Примечание:  $*p<0,001$

Рисунок 17 – Показатели зрительной памяти при исследовании с ахроматичными и цветными стимулами в разных группах детей

В связи с участием в процессах пространственного восприятия и зрительной памяти механизмов высшей нервной деятельности, нами дополнительно был проведен **корреляционный анализ зависимости показателей выраженности стереокинетического эффекта и зрительной памяти от возраста** обследованных детей (таблица 4).

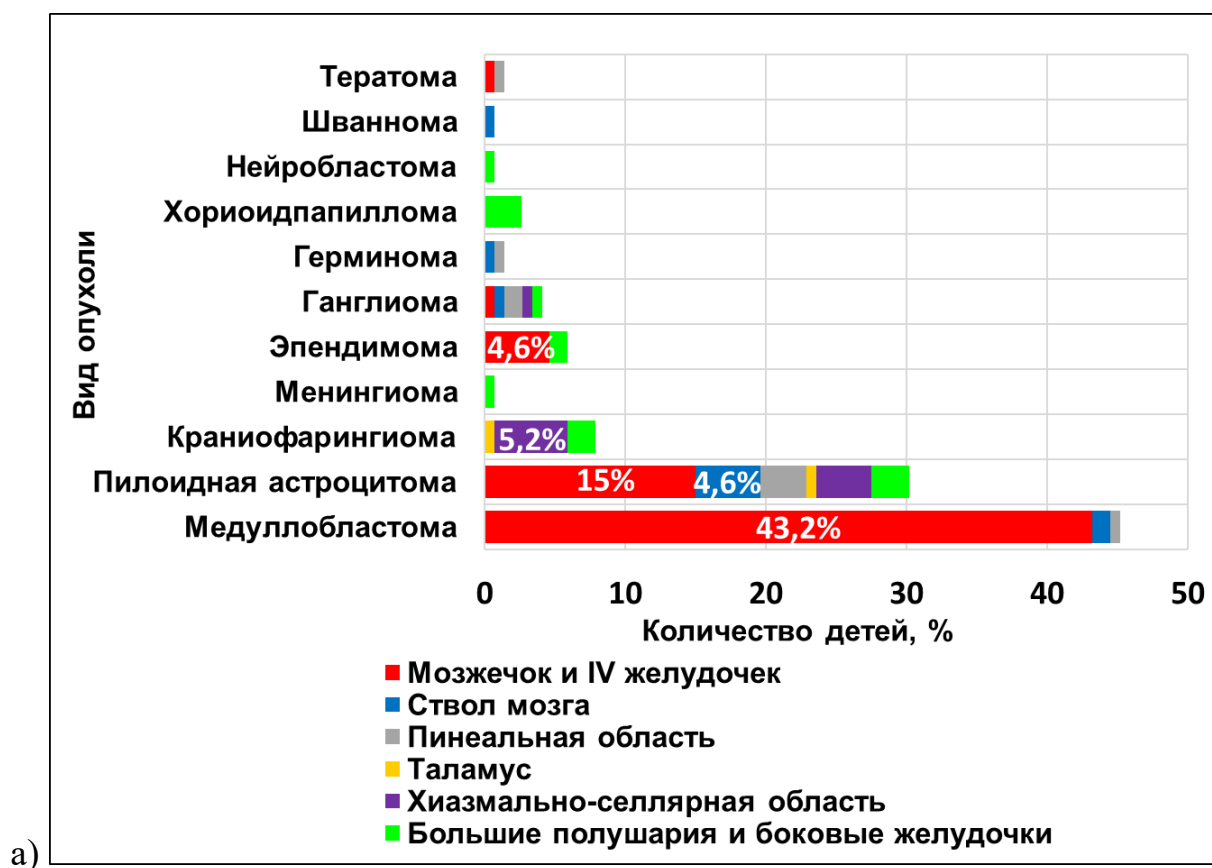
Таблица 4 - Результаты анализа зависимости показателей стереокинетического эффекта и зрительной памяти от возраста пациентов во всех группах

| Клинические характеристики                                                                                               |                      | Группы детей             |      |                           |      |             |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------|------|---------------------------|------|-------------|------|
|                                                                                                                          |                      | ЧАЗН с косоглазием, n=85 |      | ЧАЗН без косоглазия, n=35 |      | Норма, n=67 |      |
|                                                                                                                          |                      | Y                        | p    | Y                         | p    | Y           | p    |
| Показатели СЭ                                                                                                            | Лучше видящий глаз   | -0,25                    | 0,82 | -0,17                     | 0,33 | 0,07        | 0,6  |
|                                                                                                                          | Хуже видящий глаз    | -0,02                    | 0,88 | -0,16                     | 0,37 | -0,11       | 0,83 |
|                                                                                                                          | Бинокулярно          | 0,15                     | 0,89 | -0,32                     | 0,06 | -0,14       | 0,27 |
| Показатели зрительной памяти                                                                                             | Ахроматичные стимулы | -0,07                    | 0,54 | 0,05                      | 0,79 | 0,02        | 0,89 |
|                                                                                                                          | Цветные стимулы      | -0,16                    | 0,13 | 0,24                      | 0,16 | 0,07        | 0,55 |
| <i>Примечание: СЭ – стереокинетический эффект, Y - коэффициент корреляции Спирмена, p – статистическая достоверность</i> |                      |                          |      |                           |      |             |      |

Представленные в таблице данные демонстрируют отсутствие достоверной корреляции показателей зрительной памяти и выраженности стереокинетического эффекта с возрастом пациентов во всех обследованных группах ( $p > 0,05$ ).

### 3.2 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. Среди них 153 ребенка имели подтвержденный диагноз ЧАЗН, а у 71 ребенка данное заболевание выявлено не было. Все пациенты находились в стадии ремиссии (см. раздел 2.1). Соотношения вида и локализации опухолей у пациентов в группах с ЧАЗН и без него проиллюстрированы на диаграмме (рисунок 18).



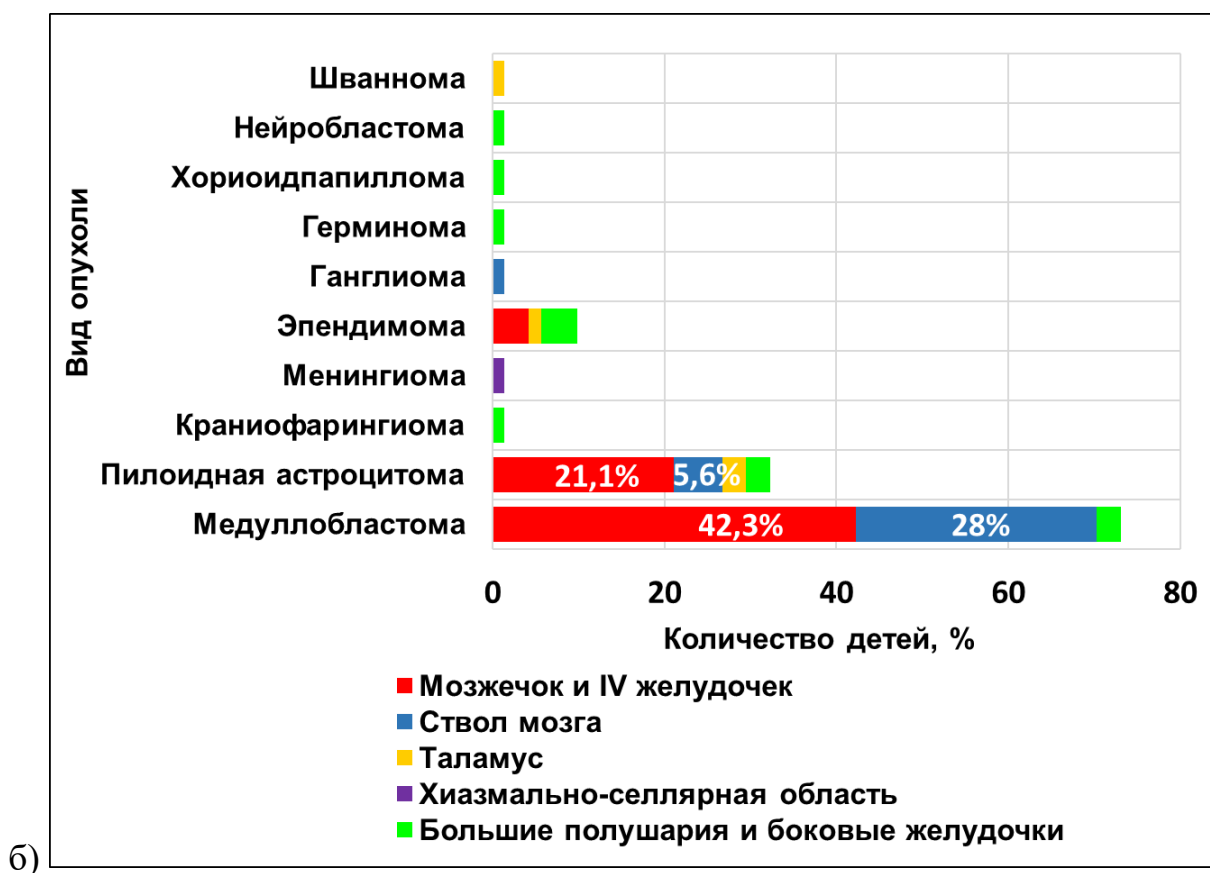


Рисунок 18 – Соотношение вида и локализации опухолей у детей с ЧАЗН (а) и без ЧАЗН (б)

У детей обеих групп наиболее распространенными были опухоли мозжечка и IV желудочка, составивших 58,2% среди детей с ЧАЗН и 63,4% детей без ЧАЗН. Медуллобластома данной локализации была у 43,2% детей с ЧАЗН (42 мальчиков и 24 девочек) и у 42,3% детей без ЧАЗН (19 мальчиков и 13 девочек).

Пилоидные астроцитомы мозжечка и IV желудочка были пролечены у 15% детей с ЧАЗН и у 21,1% детей без ЧАЗН.

Среди пациентов с ЧАЗН опухоли хиазмально-селлярной области (ХСО) встречались в 9,8% случаев, включая астроцитомы (3,9%, 6 человек), краниофарингиомы (5,2%, 8 человек) и ганглиому (0,7%, 1 человек). В группе пациентов без ЧАЗН один ребенок (1,4%) перенес операцию по удалению краниофарингиомы этой области. Опухоли, локализованные в больших полушариях и боковых желудочках, были обнаружены у 10,7% пациентов с ЧАЗН и у 15,4% пациентов без нее.

Возраст детей двух групп на момент обследования, возраст начала заболевания и длительность ремиссии представлены на диаграммах (рисунки 19-22).

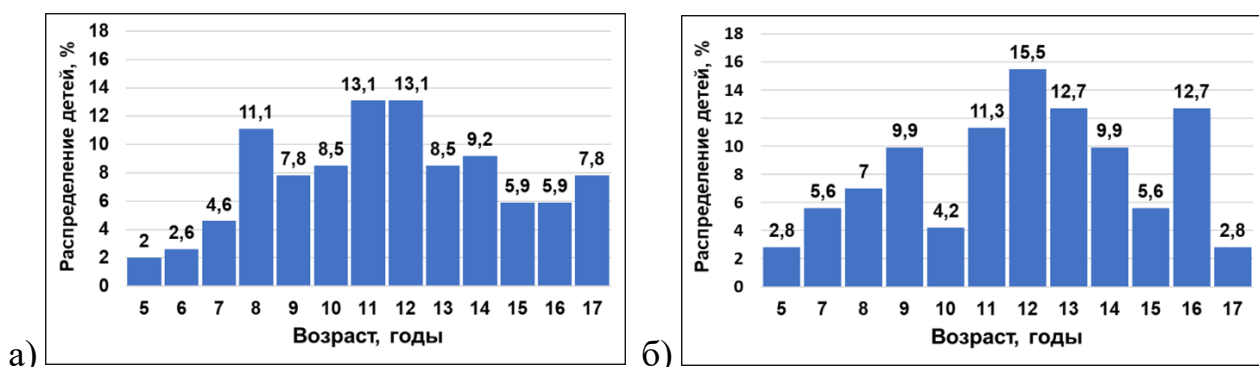


Рисунок 19 – Распределение детей в зависимости от возраста на момент обследования в группах: а) с ЧАЗН, б) без ЧАЗН

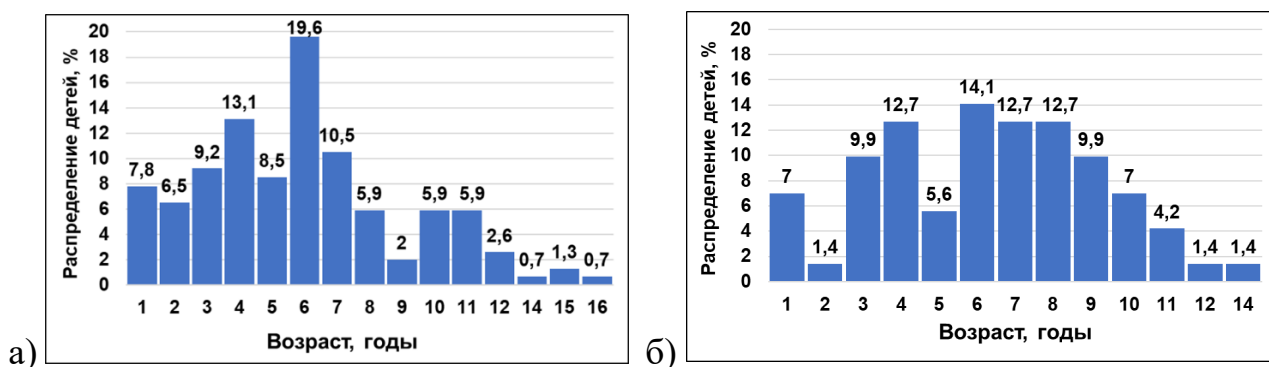


Рисунок 20 – Распределение детей в зависимости от возраста начала заболевания в группах: а) с ЧАЗН, б) без ЧАЗН

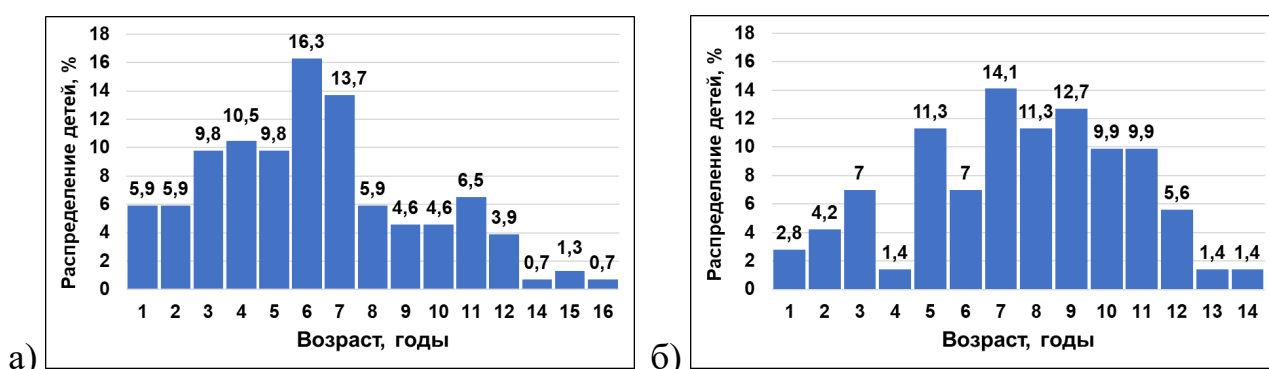


Рисунок 21 – Распределение детей в зависимости от возраста удаления опухоли в группах: а) с ЧАЗН, б) без ЧАЗН

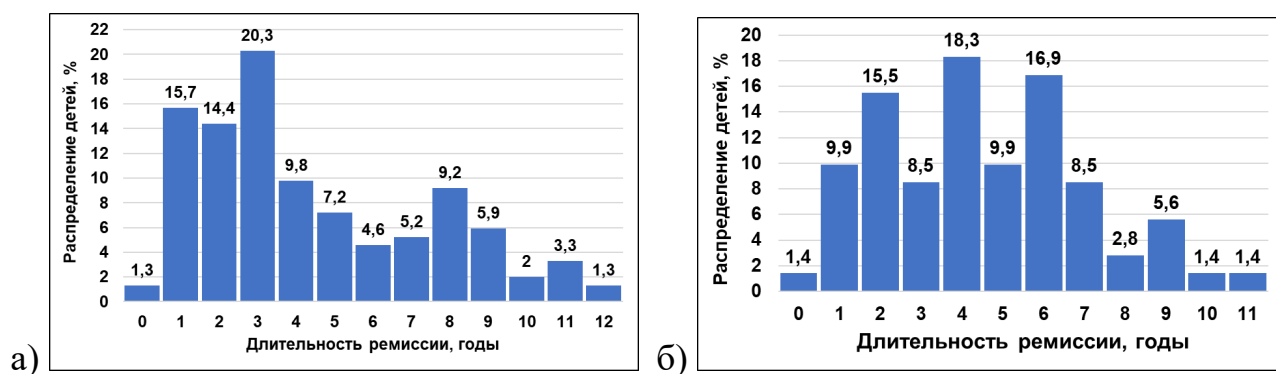


Рисунок 22 – Распределение детей в зависимости от длительности ремиссии в группах: а) с ЧАЗН, б) без ЧАЗН

Показано, что у детей с ЧАЗН наиболее часто ОГМ развивалась в возрасте 4 и 6 лет, после чего распространенность данной патологии значительно снижалась. У детей без ЧАЗН ОГМ также обнаруживали чаще всего в возрасте 4 и 6 лет. Однако нарастание распространенности к 6 года было менее резким, а снижение ее после 7 лет более плавным ( $p < 0,01$  по критерию  $\chi^2$ ). У всех детей ОГМ была прооперирована не позднее 6 месяцев от момента ее обнаружения, а лучевая и/или химиотерапия была проведена 54,9% детей в группе с ЧАЗН и 47,9% в группе без ЧАЗН. Длительность ремиссии в группе с ЧАЗН чаще составляла от 1 до 3 лет, а в группе без ЧАЗН – от 4 до 6 лет ( $p < 0,001$  по  $\chi^2$ -критерию).

**Результаты офтальмологического обследования** детей, перенесших ОГМ представлены в таблице (таблица 5).

Таблица 5 – Клинические характеристики детей, перенесших ОГМ

| Клинические характеристики                                                                                   |                                                     | Группы детей        |                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------|-------------------|
|                                                                                                              |                                                     | с ЧАЗН,<br>n=153    | без ЧАЗН,<br>n=71 |
| Пол женский / мужской, абсолютное число детей (%)                                                            |                                                     | 69 / 84 (45,1/54,9) | 27 / 44 (38 / 62) |
| Количество детей, получавших после хирургического лечения лучевую и химиотерапию, абсолютное число детей (%) |                                                     | 84 (54,9)           | 34 (47,9)         |
| Виды рефракции, абсолютное число детей (%)                                                                   | Эмметропия                                          | 51 (33,3)           | 35 (49,3)         |
|                                                                                                              | Гиперметропия                                       | 35 (22,9)           | 13 (18,3)         |
|                                                                                                              | Миопия                                              | 57 (37,3)           | 18 (25,4)         |
|                                                                                                              | Смешанный астигматизм                               | 8 (5,2)             | 4 (5,6)           |
|                                                                                                              | Рефракция не определялась из-за помутнений роговицы | 2 (1,3)             | 1 (1,4)           |
| Ортотропия, абсолютное число детей (%)                                                                       |                                                     | 93 (60,8)           | 59 (83,1)         |
| Косоглазие, абсолютное число детей (%)                                                                       | Расходящееся                                        | 29 (19)             | 4 (5,6)           |
|                                                                                                              | Сходящееся                                          | 28 (18,3)           | 10 (14,1)         |
|                                                                                                              | Вертикальное                                        | 2 (1,3)             | 0                 |
| Нистагм, абсолютное число детей (%)                                                                          |                                                     | 24 (15,7)           | 3 (4,2)           |
| Ангиопатия сетчатки, абсолютное число детей (%)                                                              |                                                     | 11 (7,2)            | 6 (8,5)           |
| Зрачковые нарушения, абсолютное число детей (%)                                                              |                                                     | 9 (5,9)             | 0                 |
| Лагофталм, связанный с недостаточностью лицевого нерва, абсолютное число детей (%)                           |                                                     | 10 (6,5)            | 7 (9,8)           |

Анализируя представленные в таблице результаты, у детей с ЧАЗН косоглазие выявляли примерно в 2 раза чаще, а нистагм примерно в 4 раза чаще, чем у детей без ЧАЗН. Важным аспектом являлось отсутствие глазодвигательных нарушений у детей до манифестации основного заболевания, по данным анамнеза.

Распределение детей, перенесших ОГМ по наличию и виду косоглазия в зависимости от локализации опухолей представлено на диаграммах (рисунок 23).

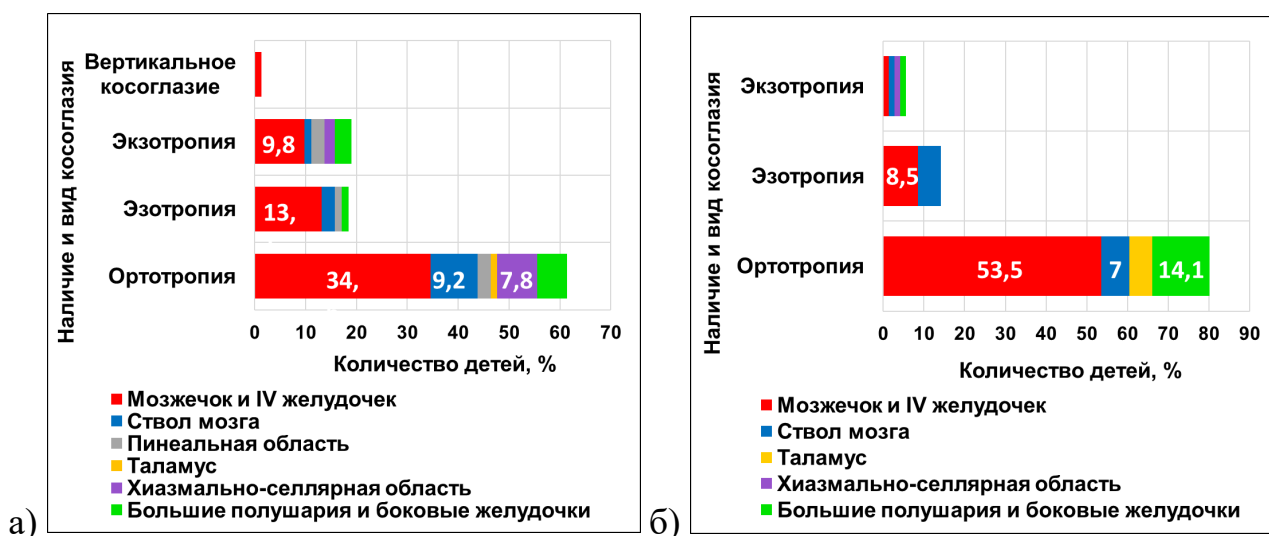


Рисунок 23 – Распределение детей с ЧАЗН (а) и без ЧАЗН (б) по наличию и виду косоглазия в зависимости от локализации ОГМ

По нашим данным, косоглазие выявлялось у 24,1% пациентов с ЧАЗН, перенесших опухоли мозжечка и IV желудочка. При этом непосредственное воздействие опухоли на ствольные структуры встречалось реже и приводило к сходящемуся косоглазию у 6 пациентов (3,9%) и расходящемуся - у 6 детей (3,9%).

Среди детей без ЧАЗН сходящееся косоглазие наблюдали у 10 (14,1%) детей. Из этих 10 детей в 4 случаях опухоль располагалась в области ствола, у 6 детей – в зоне мозжечка и IV желудочка. Расходящееся косоглазие отмечалось у 4 детей (5,6%), независимо от локализации опухоли: мозжечок и IV желудочек, ствол мозга, ХСО, большие полушария.

В связи с тем, что наиболее частой локализацией ОГМ у детей была область **мозжечка и IV желудочка**, дополнительно состояние 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 данной локализации. Из них 23 ребенка с двусторонней нисходящей ЧАЗН и 22 ребенка без ЧАЗН.

Клинические характеристики группы представлены в таблице (таблица 6).

Таблица 6 – Клинические характеристики детей, перенесших опухоли мозжечка и IV желудочка.

| Клинические характеристики                                                          |                       | Группы детей            |                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                                                                     |                       | с ЧАЗН,<br>n=23         | без ЧАЗН,<br>n=22       |
| Возраст на момент исследования (годы), Me [25;75]                                   |                       | 11 [10; 15]             | 11,5 [9,75; 15,25]      |
| Возраст начала заболевания (годы), Me [25;75]                                       |                       | 8 [4; 10]               | 6 [4; 9]                |
| Возраст хирургического удаления опухоли (годы), Me [25;75]                          |                       | 8 [4; 11]               | 6,5 [4,75; 9,25]        |
| Длительность ремиссии (годы), Me [25;75]                                            |                       | 3 [1; 6]                | 5 [2; 6]                |
| Пол женский / мужской, абсолютное число детей (%)                                   |                       | 14 / 9<br>(60,9 / 39,1) | 13 / 9<br>(59,1 / 40,9) |
| Виды рефракции, абсолютное число детей (%)                                          | Эмметропия            | 2 (8,7)                 | 9 (40,9)                |
|                                                                                     | Гиперметропия         | 7 (30,4)                | 2 (9,1)                 |
|                                                                                     | Миопия                | 12 (52,2)               | 9 (40,9)                |
|                                                                                     | Смешанный астигматизм | 2 (8,7)                 | 2 (9,1)                 |
| Ортотропия, абсолютное число детей (%)                                              |                       | 6 (26,1)                | 14 (63,6)               |
| Косоглазие, абсолютное число детей (%)                                              | Расходящееся          | 4 (17,4)                | 1 (4,5)                 |
|                                                                                     | Сходящееся            | 13 (56,5)               | 7 (31,9)                |
| Нистагм, абсолютное число детей (%)                                                 |                       | 3 (16,7)                | 2 (11,8)                |
| Ангиопатия сетчатки, абсолютное число детей (%)                                     |                       | 1 (5,5)                 | 1 (5,9)                 |
| Лагофтальм, связанный с недостаточностью лицевого нерва, абсолютное число детей (%) |                       | 2 (11,1)                | 1 (5,9)                 |

Сравнение двух групп детей (с ЧАЗН и без нее) по таким параметрам, как возраст на момент обследования, возраст начала заболевания, возраст на момент операции, продолжительность ремиссии, соотношение количества мальчиков и девочек были сопоставимы ( $p > 0,05$ ). Количество детей с эмметропией было больше в группе без ЧАЗН (40,9%) чем с ЧАЗН (8,7%).

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.

Бинокулярный характер зрения по четырехточечному цветотесту также обнаруживался в большинстве случаев среди детей обеих групп. Бинокулярное зрение выявили у 16 детей (69,6%) с ЧАЗН и у 20 (90,9%) детей без ЧАЗН. Однако у 7 (30,4%) детей с ЧАЗН и у 6 (27,3%) детей без ЧАЗН бинокулярное зрение по цветотесту было неустойчивым.

У детей с бифовеальным слиянием (20 детей с ЧАЗН и 21 ребенок без ЧАЗН) оценивали амплитуду фузии (рисунок 24).

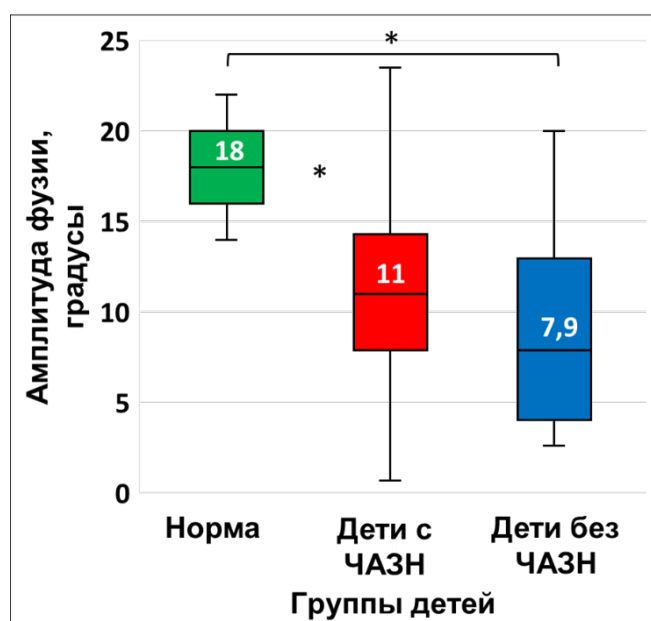


Рисунок 24 – Амплитуда фузии у детей, перенесших опухоли мозжечка и IV желудочка, в сравнении с показателями детей контрольной группы

Примечание: \* $p < 0,01$

Согласно представленным данным амплитуда фузии у детей, перенесших опухоль ЗЧЯ, была существенно ниже нормы ( $p < 0,01$ ) и в то же время была сопоставимой у детей с ЧАЗН и без ЧАЗН ( $p = 0,08$ ).

У детей с оперированными опухолями мозжечка и IV желудочка оценивали также остроту зрения, объем абсолютной аккомодации, выраженность СЭ, показатели зрительной памяти (таблица 7). В связи с тем, что распределение значений в выборках не являлось нормальным по критерию Шапиро-Уилка ( $p < 0,05$ ), для межгруппового сравнения использовали непараметрический критерий Манна-Уитни.

Таблица 7 – Сравнение показателей зрительных функций, пространственного восприятия и зрительной памяти детей с оперированными опухолями мозжечка и IV желудочка и детей контрольной группы

| Клинические характеристики                                 |                      | Группы детей                                     |                    |                   | p                                                                               |
|------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|                                                            |                      | Дети, перенесшие опухоли мозжечка и IV желудочка |                    | Норма, n=67       |                                                                                 |
|                                                            |                      | с ЧАЗН, n=23                                     | без ЧАЗН, n=22     |                   |                                                                                 |
|                                                            |                      | 1                                                | 2                  | 3                 |                                                                                 |
| Острота зрения (условные единицы), Me [25; 75]             | Лучше видящий глаз   | 0,8<br>[0,4; 0,9]                                | 1,0<br>[0,95; 1,0] | 1,0<br>[1,0; 1,2] | p <sub>1-2</sub> < 0,001<br>p <sub>2-3</sub> = 0,08<br>p <sub>1-3</sub> < 0,001 |
|                                                            | Хуже видящий глаз    | 0,7<br>[0,3; 0,9]                                | 1,0<br>[0,95; 1,0] | 1,0<br>[1,0; 1,2] | p <sub>1-2</sub> < 0,001<br>p <sub>2-3</sub> = 0,07<br>p <sub>1-3</sub> < 0,001 |
|                                                            | Бинокулярно          | 0,8<br>[0,4; 1,0]                                | 1,0<br>[0,95; 1,0] | 1,0<br>[1,0; 1,2] | p <sub>1-2</sub> < 0,001<br>p <sub>2-3</sub> = 0,09<br>p <sub>1-3</sub> < 0,001 |
| Объем абсолютной аккомодации (дптр), Me [25; 75]           |                      | 4,25<br>[1,75; 6]                                | 4,5<br>[2; 5,75]   | 9<br>[8; 11]      | p <sub>1-2</sub> = 0,54<br>p <sub>2-3</sub> < 0,001<br>p <sub>1-3</sub> < 0,001 |
| Выраженность стереокинетического эффекта (см), Me [25; 75] | Лучше видящий глаз   | 22,5<br>[8; 25]                                  | 20<br>[8,75; 25]   | 25<br>[25; 30]    | p <sub>1-2</sub> = 0,56<br>p <sub>2-3</sub> = 0,001<br>p <sub>1-3</sub> < 0,001 |
|                                                            | Хуже видящий глаз    | 22,5<br>[6; 25]                                  | 20<br>[5,5; 25]    | 25<br>[25; 30]    | p <sub>1-2</sub> = 0,48<br>p <sub>2-3</sub> = 0,001<br>p <sub>1-3</sub> < 0,001 |
|                                                            | Бинокулярно          | 20<br>[10; 25]                                   | 20<br>[10; 25]     | 15<br>[10; 15]    | p <sub>1-2</sub> = 0,91<br>p <sub>2-3</sub> = 0,01<br>p <sub>1-3</sub> = 0,01   |
| Показатели зрительной памяти, Me [25; 75] (баллы)          | Ахроматичные стимулы | 5<br>[4; 7]                                      | 6<br>[5; 8]        | 6<br>[5; 8]       | p <sub>1-2</sub> = 0,2<br>p <sub>2-3</sub> = 0,2<br>p <sub>1-3</sub> = 0,47     |
|                                                            | Цветные стимулы      | 7<br>[7; 8]                                      | 8<br>[5,75; 9]     | 9<br>[9; 10]      | p <sub>1-2</sub> = 0,81<br>p <sub>2-3</sub> < 0,001<br>p <sub>1-3</sub> = 0,001 |

По результатам исследования, у пациентов с ЧАЗН острота зрения (с коррекцией при аметропии и без коррекции при эметропии) была существенно ниже нормы ( $p < 0,001$ ), а в случаях без ЧАЗН приближалась к нормальным показателям ( $p = 0,08$ ). Аккомодация у детей с ЧАЗН и без нее была значительно хуже нормы ( $p < 0,001$ ).

У пациентов с ЧАЗН и без нее выраженность СЭ не различалась статистически значимо ( $p > 0,05$ ). Однако, сравнение с группой контроля выявило существенные различия в показателях у детей, перенесших операцию по удалению опухолей мозжечка и IV желудочка. У них наблюдались снижение монокулярных показателей ( $p \leq 0,001$ ) и повышение бинокулярных показателей ( $p = 0,001$ ), что указывало на преобладание монокулярного механизма пространственного зрения.

При оценке зрительной памяти обнаружили, что успешность выполнения теста с ахроматичными стимулами сопоставима у детей всех трех групп ( $p > 0,05$ ). В то же время при использовании цветных стимулов показатели зрительной памяти у пациентов с ЧАЗН и без нее оказались сопоставимыми ( $p = 0,81$ ), но при этом достоверно уступали показателям группы контроля ( $p \leq 0,001$ ).

Поскольку пространственное восприятие и зрительная память связаны с когнитивными функциями, был проведен корреляционный анализ зависимости показателей стереокинетического эффекта от возраста детей, перенесших опухоль мозжечка и IV желудочка. Результаты данного анализа представлены в таблице (таблица 8).

Таблица 8 - Результаты анализа зависимости показателей стереокинетического эффекта и зрительной памяти от возраста детей, перенесших опухоль ЗЧЯ

| Клинические характеристики   |                      | Группы детей         |        |                        |        |
|------------------------------|----------------------|----------------------|--------|------------------------|--------|
|                              |                      | Дети с ЧАЗН,<br>n=23 |        | Дети без ЧАЗН,<br>n=22 |        |
|                              |                      | Y                    | p      | Y                      | p      |
| Показатели СЭ                | Лучше видящий глаз   | r= 0,19              | p=0,44 | r= -0,06               | p=0,99 |
|                              | Хуже видящий глаз    | r= 0,18              | p=0,52 | r= 0,26                | p=0,37 |
|                              | Бинокулярно          | r= 0,32              | p=0,25 | r= 0,09                | p=0,75 |
| Показатели зрительной памяти | Ахроматичные стимулы | r= 0,49              | p=0,06 | r= -0,37               | p=0,19 |
|                              | Цветные стимулы      | r= 0,39              | p=0,15 | r= 0,38                | p=0,18 |

*Примечания: СЭ – стереокинетический эффект, Y - коэффициент корреляции Спирмена, p – статистическая достоверность*

Представленные данные демонстрируют отсутствие достоверной зависимости показателей зрительной памяти и пространственного восприятия от возраста обследованных детей ( $p > 0,05$ ).

### **3.3 Результаты функционального лечения детей с врожденной ЧАЗН**

Наблюдали 99 детей школьного возраста с врожденной двусторонней ЧАЗН. В зависимости от проводимого лечения дети были разделены на три группы:

- 1) 32 ребенка, занимавшихся с жидкокристаллическими очками Strabo glasses (ЖКО);
- 2) 35 детей, прошедших курс чрескожной электростимуляции (ЧЭС);
- 3) 32 ребенка, получивших комплексное лечение, включавшее занятия с жидкокристаллическими очками Strabo glasses и чрескожную электростимуляцию (ЖКО+ЧЭС) (см. раздел 2.2.).

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 ( $p > 0,05$ ).

Лечение проводили на базе кабинета офтальмолога школы 1499 ШО№5 (для детей с офтальмопатологией) г. Москвы. Информированное согласие законных представителей было получено для всех детей.

Для курсовой чрескожной электростимуляции использовали офтальмологический электростимулятор ЭСОМ (МНПП «НЕЙРОН», Россия). Лечение проводили по стандартной методике.

Клинические характеристики групп пациентов представлены в таблице (таблица 9).

Таблица 9 – Клинические характеристики групп пациентов.

| Клинические характеристики                         |                       | Группы детей в зависимости от методов лечения |                      |                        |
|----------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------|----------------------|------------------------|
|                                                    |                       | ЖКО,<br>n=32                                  | ЧЭС,<br>n=35         | ЖКО+ЧЭС,<br>n=32       |
| Возраст (годы), Me [25; 75]                        |                       | 15<br>[11,25; 17]                             | 15<br>[12; 17]       | 14,5<br>[13,25; 16,75] |
| Пол, женский / мужской, абсолютное число детей (%) |                       | 13/19<br>(40,6/59,4)                          | 15/20<br>(42,9/57,1) | 16/16<br>(50/50)       |
| Виды рефракции, абсолютное число детей (%)         | Гиперметропическая    | 13 (40,63)                                    | 14 (40)              | 12 (37,5)              |
|                                                    | Миопическая           | 12 (37,5)                                     | 14 (40)              | 15 (46,87)             |
|                                                    | Смешанный астигматизм | 6 (18,75)                                     | 2 (5,71)             | 3 (9,38)               |
|                                                    | Артифакция и афакия   | 1 (3,12)                                      | 5 (14,29)            | 2 (6,25)               |
| Врожденный нистагм, абсолютное число детей (%)     |                       | 19 (59,4)                                     | 24 (68,6)            | 17 (53,1)              |
| Косоглазие, абсолютное число детей (%)             | Сходящееся            | 13 (40,6)                                     | 22 (62,86)           | 12 (37,5)              |
|                                                    | Расходящееся          | 8 (25)                                        | 3 (8,57)             | 8 (25)                 |

По основным клиническим характеристикам исследуемые группы детей были сопоставимы ( $p > 0,05$  по критерию  $\chi^2$ ). Величина девиации (при ее наличии) у всех пациентов была не больше 7 градусов.

В связи с тем, что распределение показателей исследуемых зрительных функций не являлось нормальным ( $p < 0,05$  по критерию Шапиро-Уилка), для анализа результатов лечения использовали непараметрические критерии. Для внутригрупповых сравнений использовали критерий Уилкоксона (W-test), для межгрупповых сравнений – критерий Манна-Уитни (U-test). Для сравнения наборов частот использовали критерий  $\chi^2$  Пирсона (для несвязанных выборок) и Фридмана (для связанных выборок).

Мы обнаружили положительную динамику лечения в виде достоверного **повышения монокулярной и бинокулярной МКОЗ** во всех трех группах детей ( $p < 0,001$ ). Однако, эти показатели во всех группах оставались достоверно ниже

нормы, что обусловлено органической патологией зрительного нерва ( $p < 0,001$ ) (рисунок 25).

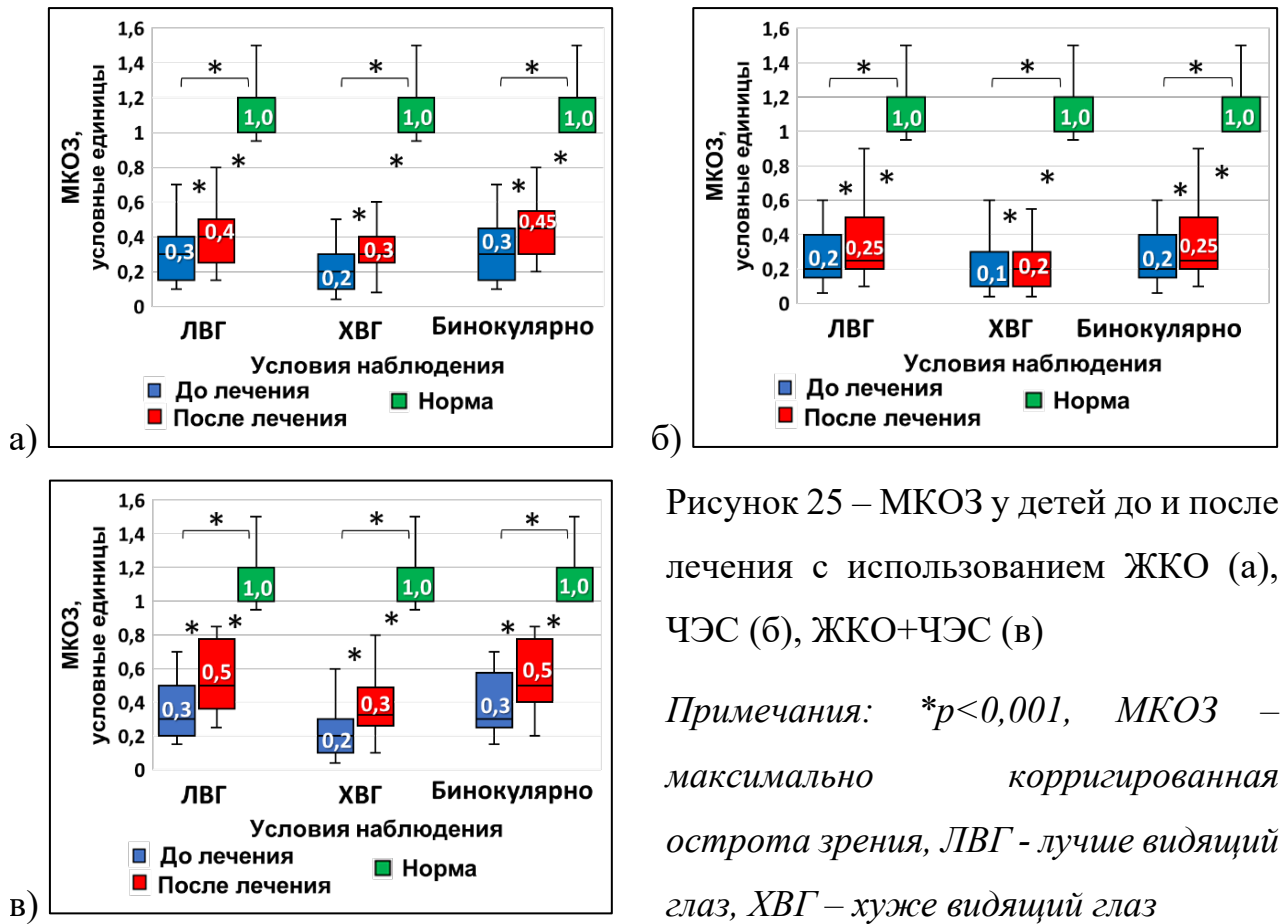
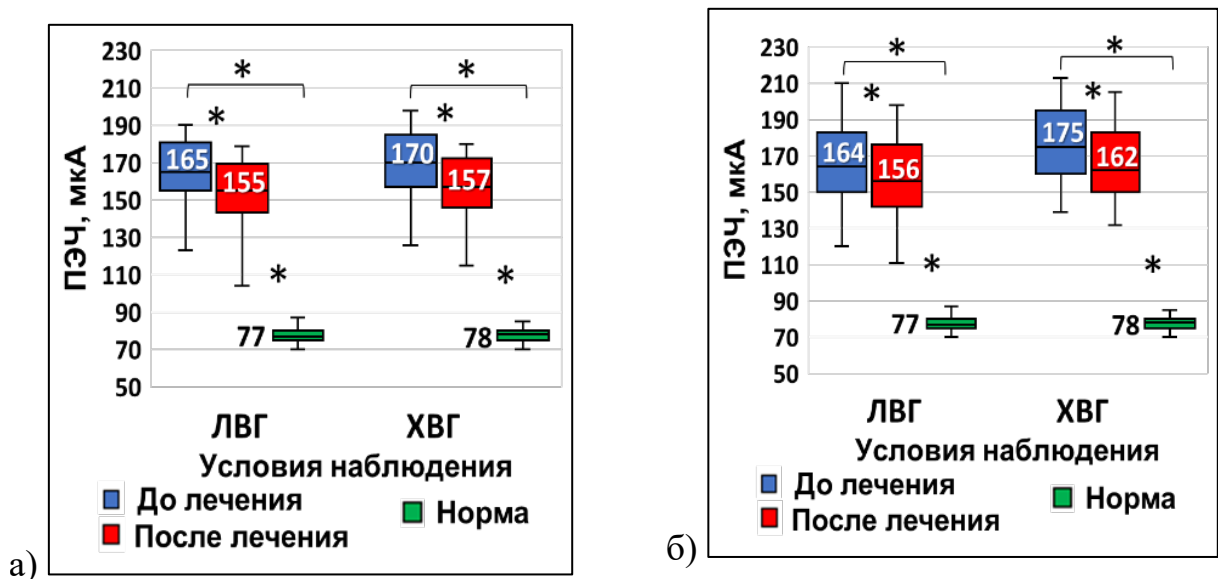


Рисунок 25 – МКОЗ у детей до и после лечения с использованием ЖКО (а), ЧЭС (б), ЖКО+ЧЭС (в)

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

Кроме того, отмечали достоверное улучшение электрофизиологических показателей в виде снижения ПЭЧ и повышение ЭЛ во всех группах детей ( $p < 0,001$ ). Однако электрофизиологические показатели после лечения во всех группах не достигали нормальных значений ( $p < 0,001$ ) (рисунки 26, 27).



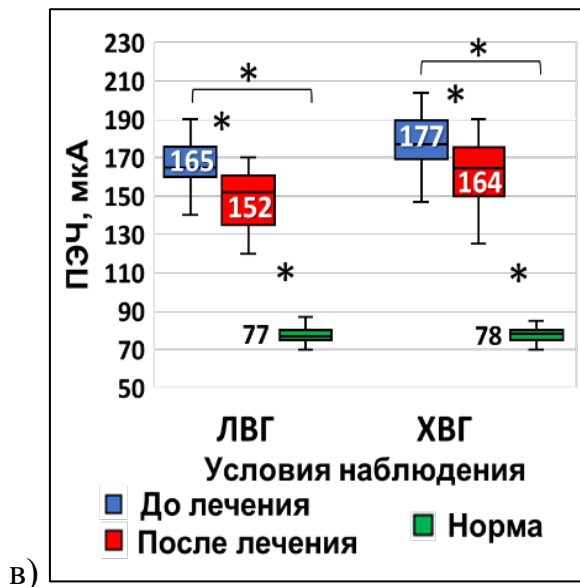


Рисунок 26 – Порог электрической чувствительности (ПЭЧ) у детей до и после лечения с использованием ЖКО (а), ЧЭС (б), ЖКО+ЧЭС (в)  
Примечания: \* $p < 0,001$ , ЛВГ - лучше видящий глаз, ХВГ – хуже видящий глаз

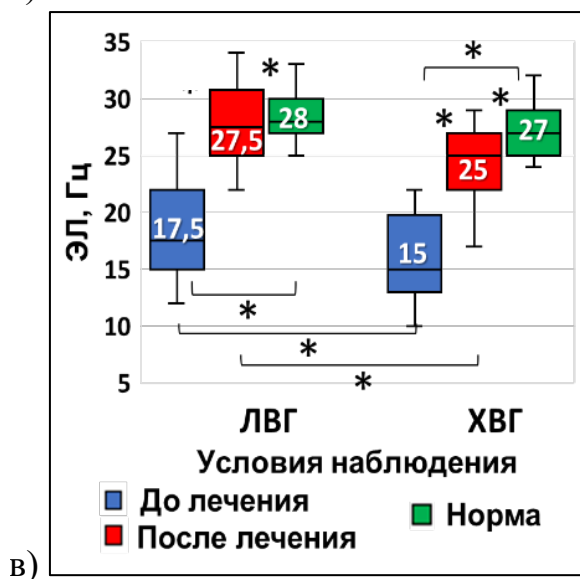
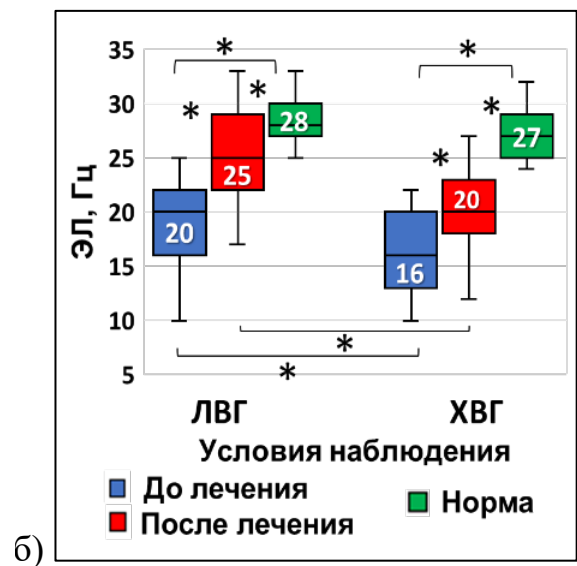
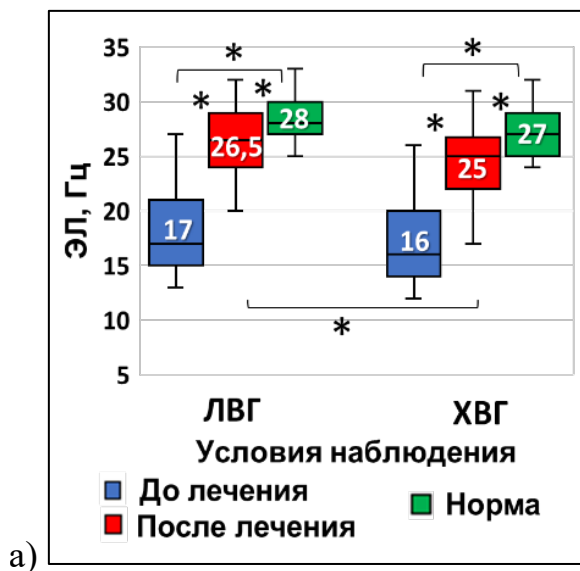


Рисунок 27 – Электрическая лабильность (ЭЛ) у детей до и после лечения с использованием ЖКО (а), ЧЭС (б), ЖКО+ЧЭС (в)  
Примечания: \* $p < 0,001$ , ЛВГ - лучше видящий глаз, ХВГ – хуже видящий глаз

Во всех группах в результате лечения наблюдали увеличение ОАА ( $p < 0,001$ ). Однако, ОАА после лечения во всех группах оставался ниже нормы ( $p < 0,001$ ) (рисунок 28).

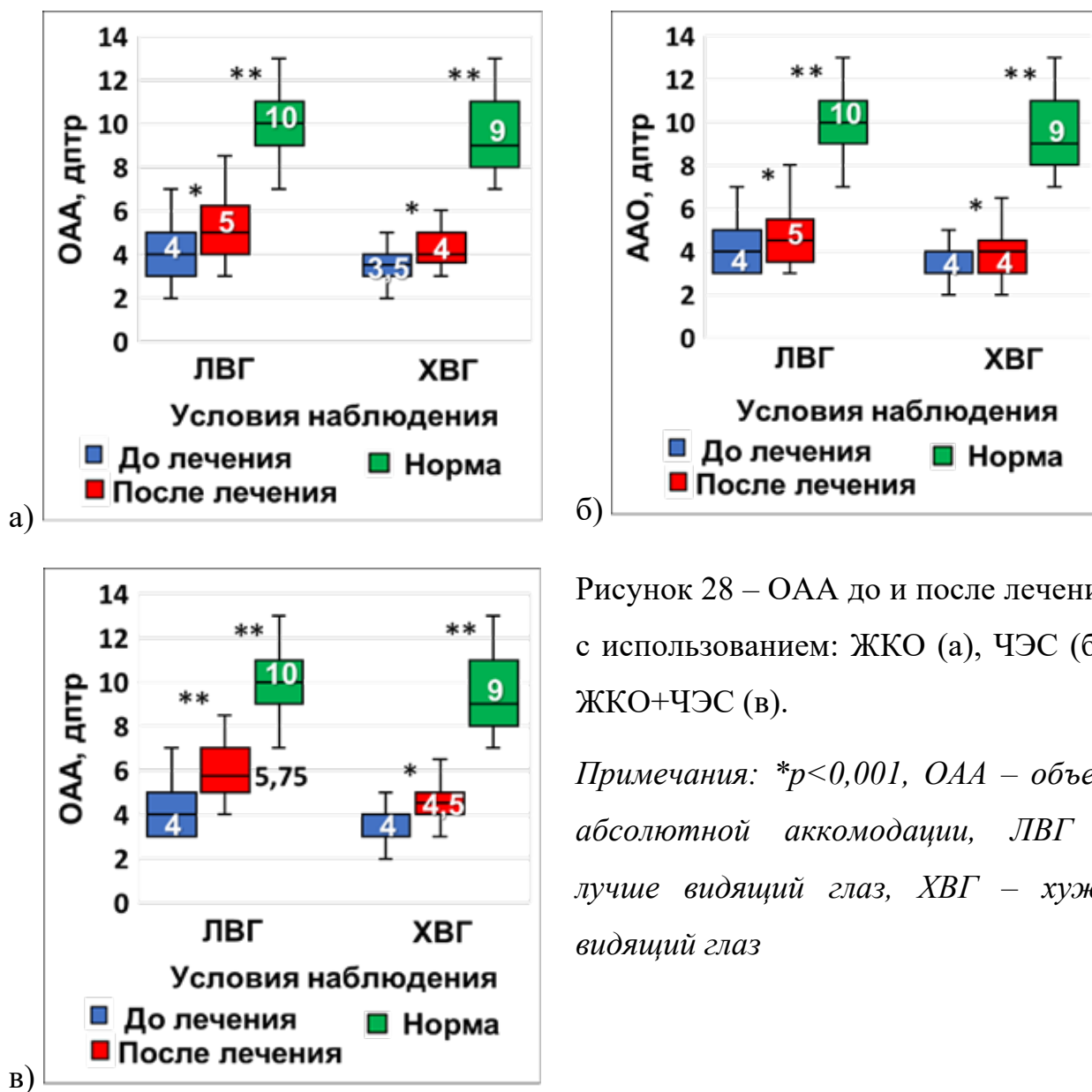


Рисунок 28 – ОАА до и после лечения с использованием: ЖКО (а), ЧЭС (б), ЖКО+ЧЭС (в).

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

Для сравнения выраженности динамики показателей МКОЗ, электрофизиологических показателей и ОАА в трех группах детей, использовали межгрупповое сравнение по критерию Манна-Уитни с учетом поправки Бонферрони для трех пар сравнений ( $p \leq 0,017$ ). Результаты сравнительного анализа представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Сравнение выраженности динамики показателей зрительных функций в результате лечения в трех группах детей

| Показатели зрительных функций                |                    | Методы лечения      |                     |                     | p                                                    |
|----------------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------------------------|
|                                              |                    | ЖКО,<br>n=32        | ЧЭС,<br>n=35        | ЖКО+ЧЭС,<br>n=32    |                                                      |
|                                              |                    | 1                   | 2                   | 3                   |                                                      |
| МКОЗ<br>(десятичные единицы),<br>Me [25; 75] | Лучше видящий глаз | 0,13<br>[0,1; 0,15] | 0,05<br>[0; 0,1]    | 0,15<br>[0,11; 0,2] | $p_{1-2}<0,001$<br>$p_{2-3}<0,001$<br>$p_{1-3}=0,02$ |
|                                              | Хуже видящий глаз  | 0,12<br>[0,1; 0,15] | 0,02<br>[0; 0,05]   | 0,15<br>[0,11; 0,2] | $p_{1-2}<0,001$<br>$p_{2-3}<0,001$<br>$p_{1-3}=0,02$ |
|                                              | Бинокулярно        | 0,12<br>[0,1; 0,2]  | 0,05<br>[0,04; 0,1] | 0,15<br>[0,15; 0,2] | $p_{1-2}<0,001$<br>$p_{2-3}<0,001$<br>$p_{1-3}=0,09$ |
| ПЭЧ (мкА),<br>Me [25; 75]                    | Лучше видящий глаз | 12<br>[11; 14]      | 9<br>[8; 11]        | 15<br>[11,3; 20]    | $p_{1-2}<0,001$<br>$p_{2-3}<0,001$<br>$p_{1-3}=0,06$ |
|                                              | Хуже видящий глаз  | 12,5<br>[11; 15,8]  | 10<br>[7; 17]       | 15<br>[10; 20,8]    | $p_{1-2}=0,005$<br>$p_{2-3}<0,001$<br>$p_{1-3}=0,81$ |
| ЭЛ (Гц),<br>Me [25; 75]                      | Лучше видящий глаз | 8<br>[6; 10]        | 6<br>[4; 8]         | 9,5<br>[8; 11]      | $p_{1-2}=0,009$<br>$p_{2-3}<0,001$<br>$p_{1-3}=0,03$ |
|                                              | Хуже видящий глаз  | 7,5<br>[5,3; 10]    | 4<br>[2; 6]         | 9<br>[7; 12]        | $p_{1-2}<0,001$<br>$p_{2-3}<0,001$<br>$p_{1-3}=0,03$ |
| ОАА (дптр),<br>Me [25; 75]                   | Лучше видящий глаз | 1<br>[0; 1]         | 0,5<br>[0; 1]       | 1,5<br>[1; 2]       | $p_{1-2}=0,01$<br>$p_{2-3}<0,001$<br>$p_{1-3}<0,001$ |
|                                              | Хуже видящий глаз  | 1<br>[0; 1]         | 0,5<br>[0; 0,5]     | 1<br>[1; 2]         | $p_{1-2}=0,01$<br>$p_{2-3}<0,001$<br>$p_{1-3}<0,001$ |

*Примечания: ЖКО – группа детей, занимавшихся с жидкокристаллическими очками; ЧЭС – группа детей, получавших курс чрескожной электростимуляции; ЖКО+ЧЭС – группа детей, получавших комплексное лечение с использованием чрескожной электростимуляции и жидкокристаллических очков; ПЭЧ – порог электрической чувствительности; ЭЛ – электрическая лабильность, МКОЗ – максимальная корригированная острота зрения, ОАА – объем абсолютной аккомодации*

Межгрупповое сравнение показало более значительное повышение монокулярной и бинокулярной остроты зрения в группах ЖКО и ЖКО+ЧЭС, чем после использования только ЧЭС ( $p<0,001$ ). Тенденция к более выраженной

положительной динамике монокулярной остроты зрения в группе ЖКО+ЧЭС, чем в группе ЖКО ( $p=0,02$ ) не была статистически достоверной с учетом поправки Бонферрони для трех пар сравнений. В отношении бинокулярной остроты зрения эффективность занятий в группе ЖКО и ЖКО+ЧЭС была сопоставимой ( $p=0,09$ ).

Снижение ПЭЧ обоих глаз в группах ЖКО и ЖКО+ЧЭС было сопоставимым ( $p>0,05$ ) и более выраженным ( $p<0,01$ ), чем в группе ЧЭС ( $p<0,01$ ).

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.

Увеличение ОАА в группах ЖКО и ЖКО+ЧЭС было более выраженным, 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.

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 (рисунки 29, 30).

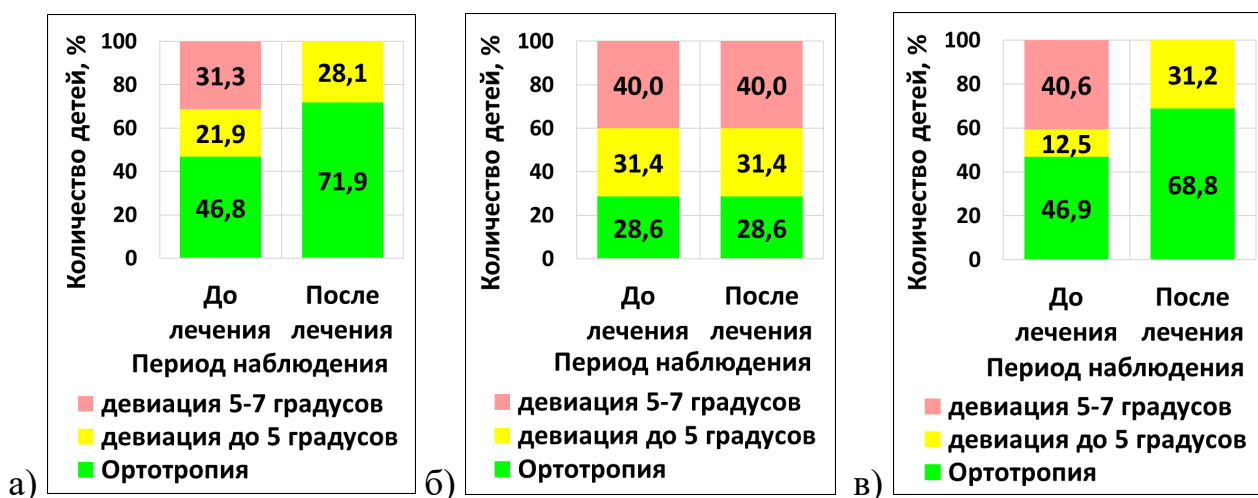
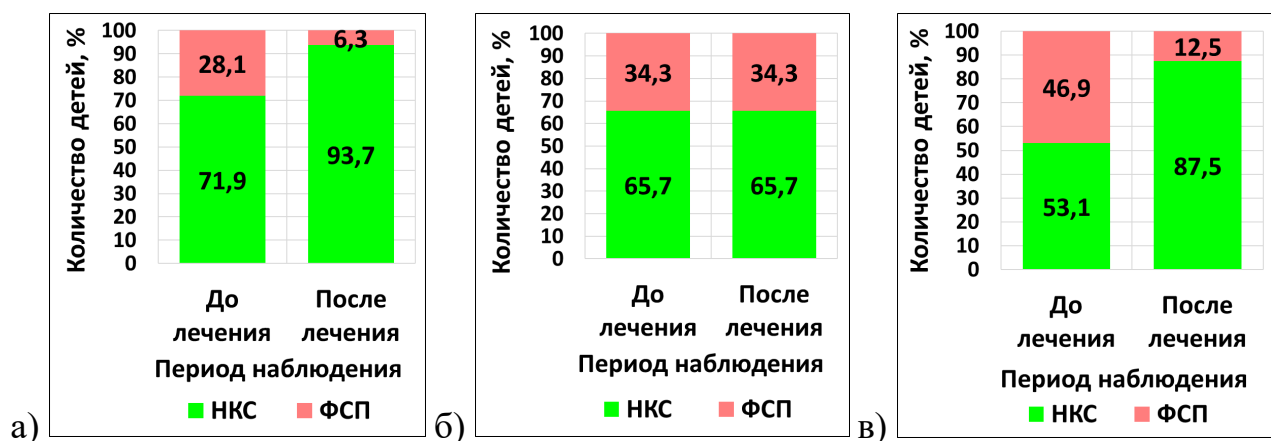


Рисунок 29 – Распределения детей до и после лечения с использованием: ЖКО (а), ЧЭС (б), ЖКО+ЧЭС (в)



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

Рисунок 30 - Состояние корреспонденции сетчаток при исследовании на синоптофоре у детей 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 31). Несмотря на увеличение амплитуды фузии в группах ЖКО и ЖКО+ЧЭС, ее показатели не достигали нормальных значений ( $p < 0,001$ ).

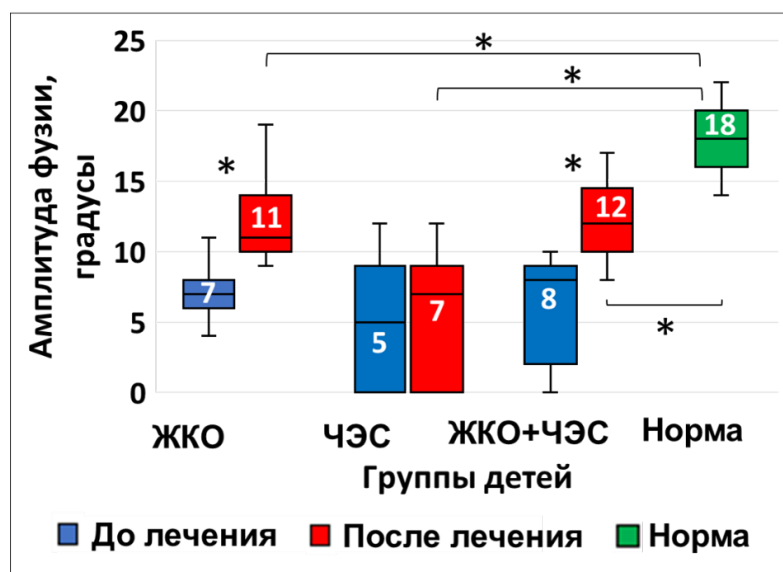
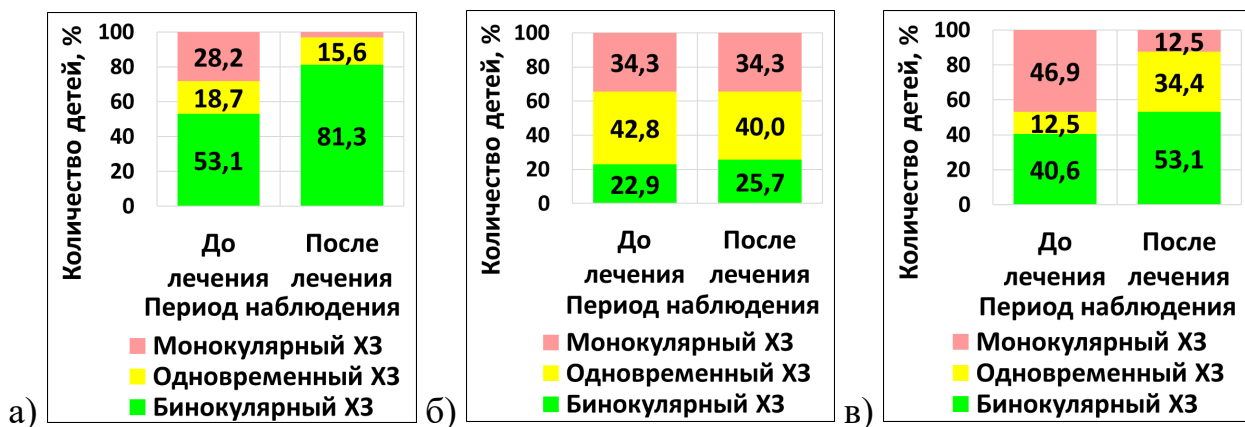


Рисунок 31 - Динамика амплитуды фузии в результате лечения в трех группах детей

Примечания: \* $p < 0,001$

В группах ЖКО и ЖКО+ЧЭС, наблюдали увеличение количества детей с бинокулярным и уменьшение количества детей с монокулярным характером зрения ( $p < 0,001$ ) (рисунок 32). 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: X3 – характер зрения

Рисунок 32 - 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%, что было сопоставимо ( $p = 0,06$ ) (рисунок 33).

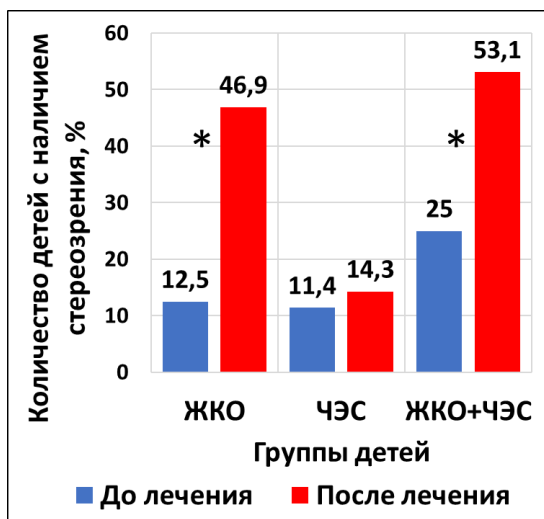
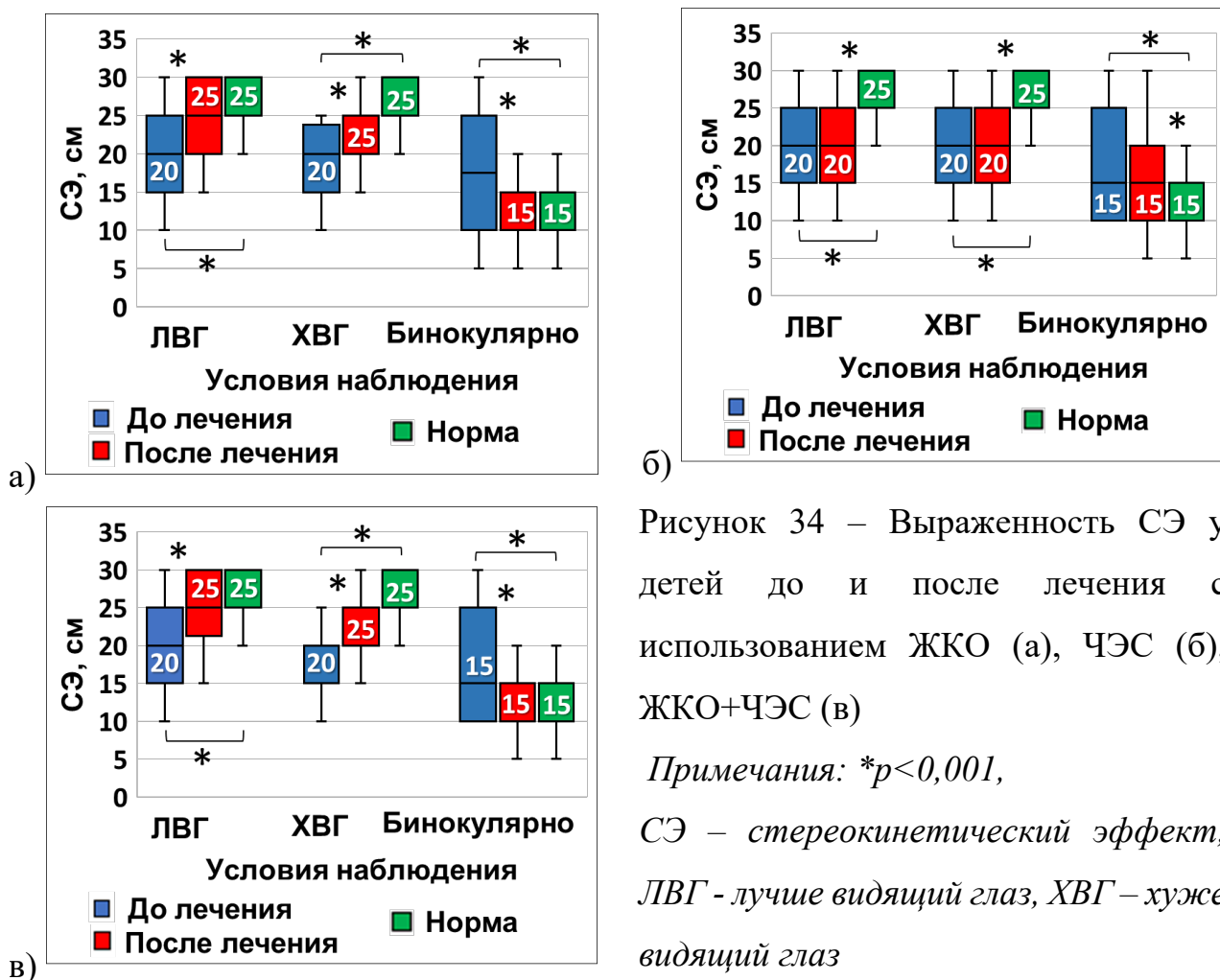


Рисунок 33 – Наличие стереозрения по Fly-test до и после лечения в трех группах детей

Примечания: \* $p < 0,001$

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.

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 выраженности СЭ ( $p = 0,08$ ) (рисунок 34).



Улучшение зрительной памяти как с цветными, так и с ахроматичными стимулами наблюдали во всех трех группах ( $p < 0,001$ ). Однако в группе детей, получавших только ЧЭС, динамика показателей была менее существенной, чем

в двух других группах и не достигала нормальных показателей ( $p < 0,001$ ) (рисунок 35, 36).

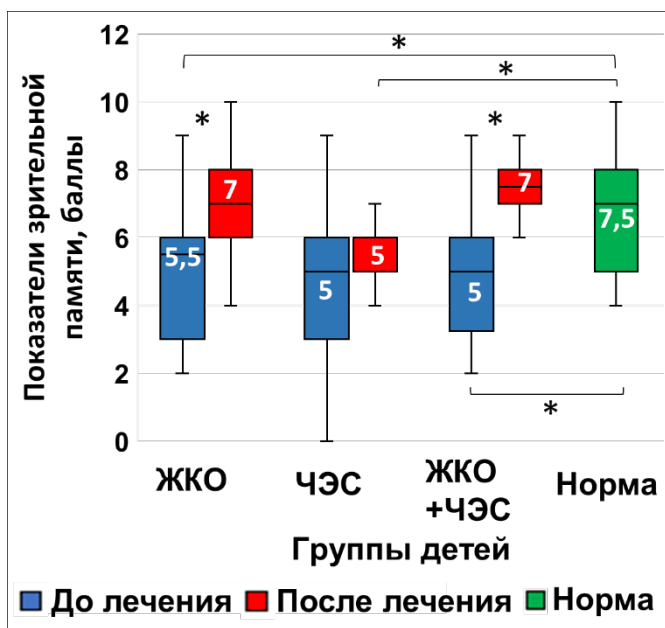


Рисунок 35 - Динамика показателей зрительной памяти с ахроматичными зрительными стимулами в трех группах детей в сравнении с показателями детей контрольной группы

Примечание:  $*p < 0,001$

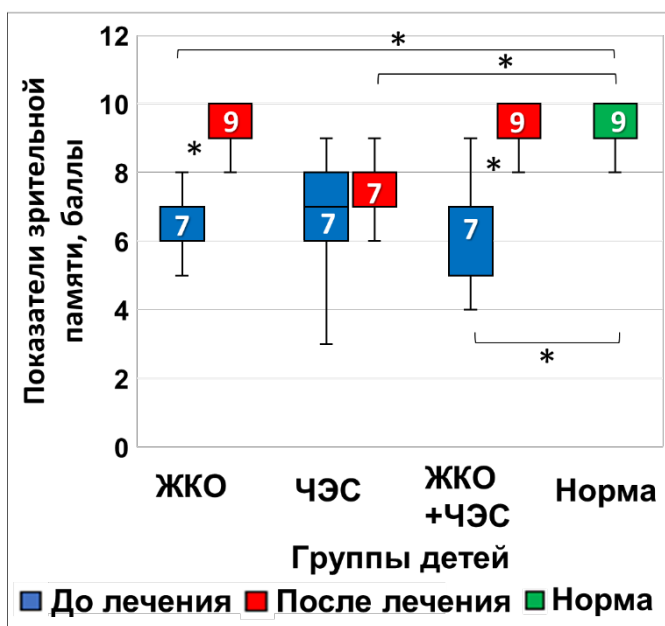


Рисунок 36 - Динамика показателей зрительной памяти с цветными зрительными стимулами в трех группах детей в сравнении с показателями детей контрольной группы

Примечание:  $*p < 0,001$

Результаты проведенного межгруппового сравнения (с использованием критерия Манна-Уитни) динамики монокулярных и бинокулярных показателей выраженности СЭ и показателей зрительной памяти представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Сравнение выраженности динамики показателей пространственного восприятия и зрительной памяти в результате лечения в трех группах детей

| Показатели зрительных функций                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                      | Методы лечения |              |                  | p                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------|--------------|------------------|-------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                      | ЖКО,<br>n=32   | ЧЭС,<br>n=35 | ЖКО+ЧЭС,<br>n=32 |                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                      | 1              | 2            | 3                |                                                       |
| СЭ (см),<br>Me [25; 75]                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Лучше видящий глаз   | 5<br>[5; 5]    | 0<br>[0; 0]  | 5<br>[1,25; 10]  | $p_{1-2}<0,001$<br>$p_{2-3}<0,001$<br>$p_{1-3}=0,685$ |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Хуже видящий глаз    | 5<br>[5; 5]    | 0<br>[0; 0]  | 5<br>[5; 10]     | $p_{1-2}<0,001$<br>$p_{2-3}<0,001$<br>$p_{1-3}=0,356$ |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Бинокулярно          | 5<br>[0; 10]   | 0<br>[0; 0]  | 5<br>[0; 10]     | $p_{1-2}=0,001$<br>$p_{2-3}<0,001$<br>$p_{1-3}=0,603$ |
| Зрительная память (баллы),<br>Me [25; 75]                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Ахроматичные стимулы | 1,66<br>[1; 2] | 0<br>[0; 1]  | 2<br>[1; 3]      | $p_{1-2}=0,001$<br>$p_{2-3}<0,001$<br>$p_{1-3}=0,051$ |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Цветные стимулы      | 2<br>[2; 3]    | 0<br>[0; 1]  | 2,5<br>[1; 4]    | $p_{1-2}<0,001$<br>$p_{2-3}<0,001$<br>$p_{1-3}=0,786$ |
| <p><i>Примечания: ЖКО – группа детей, занимавшихся с жидкокристаллическими очками; ЧЭС – группа детей, получавших курс чрескожной электростимуляции; ЖКО+ЧЭС - группа детей, получавших комплексное лечение с использованием чрескожной электростимуляции и жидкокристаллических очков; СЭ – стереокинетический эффект</i></p> |                      |                |              |                  |                                                       |

Представленные данные демонстрируют, что динамика как монокулярных, так и бинокулярных показателей СЭ сопоставима в группах ЖКО и ЖКО+ЧЭС ( $p>0,05$ ) и более выражена, чем в группе ЧЭС ( $p<0,001$ ).

Улучшение показателей зрительной памяти было сопоставимым в группах ЖКО и ЖКО+ЧЭС ( $p>0,05$ ) а положительная динамика в группе ЧЭС была менее выраженной, чем в других группах ( $p<0,001$ ).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках проведенного исследования разработана комплексная система диагностики зрительных функций у детей, страдающих частичной атрофией зрительного нерва (ЧАЗН). Предложенная система комплексной диагностики включает оценку сенсорные, моторных и аккомодационных компонентов бинокулярного зрения (рисунок 37).

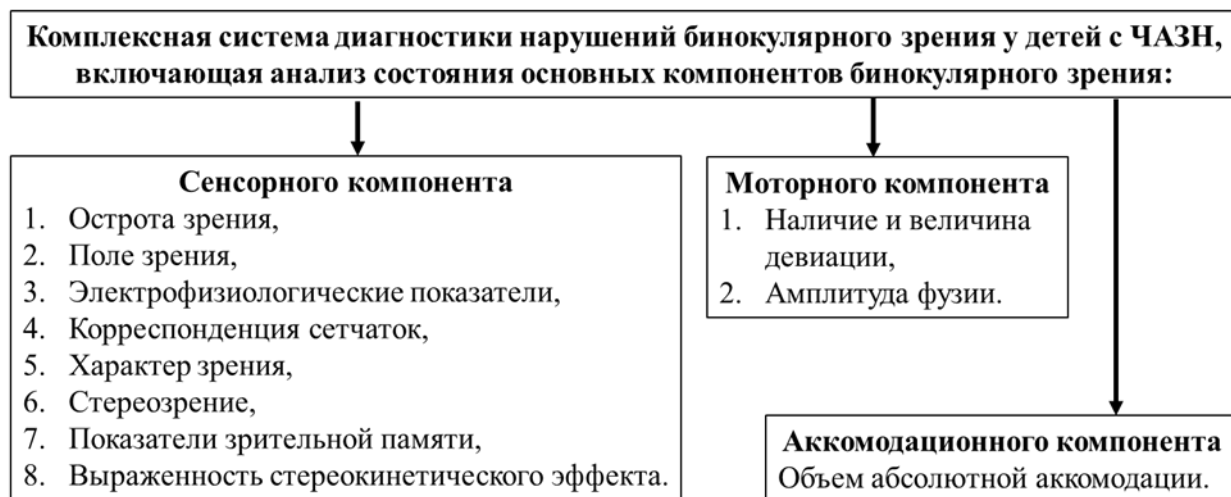


Рисунок 37 - Схема разработанной комплексной системы диагностики зрительных функций у детей с ЧАЗН

Благодаря использованию комплексного персонифицированного подхода к исследованию центрального, периферического и бинокулярного зрения у детей с патологией зрительного нерва в сочетании с глазодвигательными нарушениями и с нормальным состоянием моторного компонента зрительного анализатора, нами был обнаружен ряд особенностей зрительных функций исследуемых групп детей. У **детей с врожденной ЧАЗН** обеих групп (как при наличии, так и при отсутствии глазодвигательных нарушений) показатели оценок центрального и периферического зрения были хуже, чем аналогичные показатели в норме ( $p < 0,01$ ). Ухудшение центрального зрения выражалось в значительном снижении остроты зрения обоих глаз (так как ЧАЗН во всех случаях была двусторонней). Отражением ухудшения периферического зрения было сужение полей зрения каждого глаза у всех детей с ЧАЗН. При оценке электрофизиологических

показателей мы наблюдали их достоверное ухудшение по сравнению с нормой у всех детей с ЧАЗН. Порог электрической чувствительности у всех детей с врожденной ЧАЗН был повышен, а электрическая лабильность снижена по сравнению с нормой ( $p < 0,001$ ). Наши результаты соответствуют классическим представлениям о дегенеративной природе изменений в аксонах ганглиозных клеток сетчатки при ЧАЗН. Результатом таких патологических изменений (характеризующихся как апоптоз), являются нарушения их возбудимости и проводимости [26, 41, 107, 120, 169]. При этом нужно отметить, что значения ПЭЧ у обследованных нами детей с ЧАЗН с косоглазием были достоверно выше, чем у детей с ЧАЗН без косоглазия ( $p < 0,01$ ), что может свидетельствовать и о дополнительном негативном влиянии процесса центрального торможения, примером которого является дисбинокулярная амблиопия [31].

Нами также было исследовано состояние аккомодационной способности у детей с ЧАЗН для анализа аккомодационно-конвергентной синкинезии, которая могла патологически изменяться низкой остротой зрения. Нами были получены данные, свидетельствующие об уменьшении объема абсолютной аккомодации по сравнению с нормальными значениями ( $p < 0,01$ ), что говорило об ослаблении аккомодационного аппарата. При этом у детей с ЧАЗН значения для хуже видящего глаза были достоверно ниже, чем для лучше видящего ( $p = 0,01$ ).

У здоровых детей из контрольной группы величина абсолютной аккомодации статистически значимо выше, чем в других группах ( $p < 0,01$ ). Это наблюдение согласуется с предыдущими работами, в которых рассматривается механизм развития анизоаккомодации у детей с косоглазием [31].

Анализ бинокулярного зрения в группах пациентов с ЧАЗН показал, что неустойчивый бинокулярный характер у 40% детей в группе с сочетанием ЧАЗН и косоглазия. Это, вероятно, может объяснять тем, что бификсация становится менее устойчивой, когда пациент с низкой остротой зрения (из-за органической патологии глазного дна) смотрит на четырехточечный цветотест через красный фильтр, поставленный перед правым глазом, и зеленый (или синий) фильтр, поставленный перед левым глазом [138]. Низкая острота зрения может

отражаться и на состоянии стереозрения. Lang-test состоит из относительно мелких точек, создающих, при определенной диспаратности изображение для того и другого глаза, ощущение объемной фигуры. При низкой остроте зрения эти точки плохо видны, что служит помехой для тестирования. В отличие от предыдущего теста, Fly-test состоит из довольно крупных рисунков, создающих эффект глубины при рассматривании их в поляроидных очках. Тем не менее, положительный Fly-test регистрировался у половины детей с ЧАЗН без косоглазия. Отсутствие стереозрения у второй половины детей с ЧАЗН без косоглазия может быть связано с нарушениями вергентных микродвижений глаз. Этот тип глазодвигательных программ обеспечивает в норме «сканирование», возникающего при диспаратности деталей теста, объемного изображения [138].

Сравнение выраженности стереокинетического эффекта (СЭ) в разных группах детей позволило оценить особенности взаимоотношений монокулярного и бинокулярного механизмов пространственного зрения в зависимости от наличия и характера офтальмопатологии. В предыдущих работах, посвященных этому направлению физиологии зрения, было показано, что при оптимальном взаимодействии монокулярного и бинокулярного компонентов пространственного зрения СЭ в бинокулярных условиях наблюдения выражен больше (воспринимаемая объемная виртуальная фигура больше), чем в монокулярных. В условиях развития патологической функциональной системы пространственного восприятия, наблюдается выравнивание или инверсия этих соотношений. Поэтому приближение показателей СЭ к монокулярным или даже их превышение – характерно для нарушений совместной работы глаз [55, 80, 83]. Известно, что в монокулярных условиях (при наблюдении вращения кольцевой фигуры отдельно каждым глазом) восприятие объема обеспечивается только монокулярным механизмом. При этом ощущение глубины обусловлено суммацией последовательных проекций кольцевой фигуры на сетчатке. При наблюдении двумя глазами той же вращающейся фигуры, зрительные сигналы от плоского экрана монитора (без диспаратности), противоречат монокулярным сигналам о смещении

сетчаточных проекций кольцевой фигуры. При оптимальной совместной работе двух глаз объем виртуальной фигуры бинокулярных условиях меньше, чем в монокулярных, а при преобладании монокулярного зрения – наоборот. В условиях офтальмопатологии, особенно сопровождающейся нарушениями центрального и периферического зрения, может наблюдаться общее снижение как монокулярных, так и бинокулярных показателей выраженности СЭ [55, 80, 83].

Анализ наших данных у детей с патологией зрительного нерва показал преобладание монокулярного зрения в восприятии глубины пространства. Эти особенности детей с патологией зрительного нерва в обеих исследуемых группах (с глазодвигательными нарушениями и без них) выражались в уменьшении монокулярно воспринимаемого объема виртуального образа (в большей степени хуже видящего глаза) и увеличении объема виртуального образа в бинокулярных условиях по сравнению с нормой. Оценки объема виртуальной фигуры у детей обеих групп с ЧАЗН были статистически сопоставимы ( $p > 0,05$ ). Эта особенность была обусловлена преобладанием монокулярного механизма пространственного зрения у детей с ЧАЗН даже при правильном положении зрительных осей.

Показатели зрительной памяти исследовали в связи с ее участием в интеграции монокулярной зрительной информации в единый бинокулярный зрительный образ [170]. Во всех группах детей (и в норме и при патологии зрительного нерва) цветные стимулы запоминались лучше нецветных, что может объясняться тем, что для проведения информации о цветных стимулах «работают» одновременно два канала - канал проведения зрительной информации о форме объекта и канал проведения зрительной информации о его цвете. При этом оценки (в баллах) успешности запоминания цветных и ахроматических стимулов у детей обеих групп с ЧАЗН были ниже нормы ( $p < 0,001$ ), очевидно, в следствие ухудшения качества проведения и анализа зрительной информации из-за органической патологии зрительного нерва [26, 38, 41, 169, 120].

**В структуре коморбидной патологии** детей с врожденной ЧАЗН наиболее распространенными были неврологические заболеваний, особенно

синдром минимальной мозговой дисфункции, что отражает особенности этиопатогенеза врожденной ЧАЗН [19, 36, 67, 85, 100]. Другими распространенными неврологическими заболеваниями в исследуемых группах детей с ЧАЗН были детский церебральный паралич (ДЦП), а также синдром вегетососудистой дистонии. То, что у детей врожденная патология зрительного нерва относительно часто наблюдается в сочетании с ДЦП может быть связано с общими этиологическими и патогенетическими факторами перинатальной патологии ЦНС [85].

Полученные нами результаты исследования **офтальмопатологии у детей, перенесших опухоли головного мозга (ОГМ)**, находящихся в периоде ремиссии, согласуются с данными литературы о том, что медуллобластома встречается преимущественно в детском возрасте, составляя 12-25% от всех опухолей ЦНС у детей. В гистологическом аспекте медуллобластома – это злокачественная опухоль, поражающая мозжечок. Встречается чаще у мальчиков, наиболее часто в возрасте от 4 до 8 лет [10, 17, 54, 92].

На втором месте по выявляемости у обследованных детей с ОГМ была пилоидная астроцитома (доброкачественная опухоль, чаще встречающаяся у детей и молодых людей до 20 лет), что также согласуется литературными данными [48, 131].

Согласно полученным нами данным, у 68,3% детей с ОГМ в периоде ремиссии была выявлена нисходящая ЧАЗН. В литературе наиболее частой локализацией опухоли, вызывающей развитие нисходящей ЧАЗН считаются хиазмально-селлярная область, зона основания черепа, передняя и средняя черепные ямки. Локализованные в этих областях опухоли непосредственно сдавливают аксоны нервов проводящих зрительных путей. Субтенториально локализованные опухоли могут быть причиной развития окклюзионной гидроцефалии [25, 54, 155].

Причиной выявленного косоглазия (расходящегося в следствие недостаточности глазодвигательного нерва и сходящегося в следствие недостаточность отводящего нерва) у пациентов с опухолями мозжечка и IV

желудочка (даже без распространения на ствол мозга) также может быть повышение внутричерепного давления [25, 43, 54, 155]. В нашем исследовании мы обнаружили, что у детей, перенесших ОГМ без ЧАЗН в периоде ремиссии, глазодвигательные нарушения выявлялись реже, чем на фоне ЧАЗН [157].

У некоторых детей, перенесших ОГМ наблюдались такая нейроофтальмологическая симптоматика как лагофтальм (связанный с недостаточностью лицевого нерва), зрачковые нарушения. Эти проявления являются характерными для роста опухоли в зоне стволовых структур мозга и обусловлены как непосредственным действием опухоли, так и внутричерепной гипертензией [25, 43, 54, 155].

Анализируя результаты исследования зрительных функций, показателей пространственного восприятия и зрительной памяти у детей, перенесших опухоли в области мозжечка и IV желудочка, нужно отметить, что преобладающим видом опухолей ЗЧЯ (также, как и в общей группе детей с ОГМ) у обследованных пациентов являлась медуллобластома, что согласуется с данными литературы о более частой встречаемости этого вида опухолей у пациентов детского возраста [10, 17, 54, 92].

В группе детей с оперированной опухолью мозжечка и IV желудочка у половины пациентов наблюдалась нисходящая ЧАЗН в периоде ремиссии. В обеих группах детей (при ЧАЗН и без ЧАЗН) наблюдались случаи косоглазия (сходящегося и расходящегося). Однако, на фоне ЧАЗН косоглазие выявлялось чаще (53,3% случаев), чем при нормальном состоянии зрительного нерва (28,6% случаев) ( $p < 0,001$ ). В свою очередь и детей с устойчивым бинокулярным характером зрения было меньше при патологии зрительного нерва (46,7% случаев), чем при его нормальном состоянии (71,4% случаев) ( $p = 0,01$ ). Кроме того, было выявлено достоверное ухудшение аккомодационной и фузионной способности у детей, перенесших опухоль мозжечка и IV желудочка (как с ЧАЗН, так и без ЧАЗН) по сравнению с нормой ( $p < 0,001$ ).

В других работах (при обследовании взрослых пациентов) также отмечалось наличие глазодвигательных и аккомодационных нарушений

примерно у 70% у пациентов, перенесших ОГМ (чаще при локализации опухоли в пинеальной области и зоне среднего мозга) [25, 44, 54, 155].

Показатели зрительных функций детей, перенесших опухоль мозжечка и IV желудочка анализировались более подробно в связи с тем, что эта локализация опухоли является наиболее частой в детском возрасте. Анализ СЭ у таких детей показал преобладание монокулярного зрения в восприятии глубины пространства. Отмечалось значительное снижение монокулярных оценок высоты воспринимаемого виртуального конуса при наблюдении вращения кольцевого рисунка у детей, перенесших опухоли мозжечка и IV желудочка по сравнению с нормой. Это может отражать ухудшение процессов обработки информации о монокулярных признаках глубины [80, 81, 82, 83]

В предыдущих исследованиях в области анализа СЭ у взрослых пациентов, перенесших ОГМ, авторы также наблюдали более выраженные патологические изменения СЭ при поражении мозговых структур мозжечка и IV желудочка [83]. В отличие от пациентов с опухолями ЗЧЯ, имеющих относительно стабильные патологические соотношения объема виртуальной фигуры при монокулярном и бинокулярном наблюдении вращающегося кольцевого рисунка, при локализации опухоли в лобных долях больших полушарий и области среднего мозга оценки виртуальной фигуры были изменчивы [83].

Зрительная память у детей, перенесших опухоли мозжечка и IV желудочка (как в сочетании с глазодвигательными нарушениями, так и без них) была хуже нормы. Анализируя полученные нами результаты, можно предположить, что ухудшение зрительной памяти у таких детей связано с патологическими изменениями процессов обработки зрительной информации, что согласуется с результатами работ нейропсихологов, проводивших курсовое реабилитационное лечение у детей, перенесших опухоли мозжечка. Ухудшение памяти у таких пациентов они объясняли нарушениями работы мозжечка и снижением его роли в когнитивных процессах [134, 172].

Таким образом, нами была проанализирована нейроофтальмологическая симптоматика у детей, перенесших ОГМ и показано, что ЧАЗН и/или

глазодвигательные нарушения наблюдаются более чем у половины таких детей в периоде ремиссии. В связи с чем не вызывает сомнений необходимость длительного мультидисциплинарного наблюдения таких пациентов в периоде ремиссии.

**В функциональном лечении детей с врожденной ЧАЗН** использовали условия фазовой гаплоскопии. Эффективность использования фазовой гаплоскопии для улучшения бинокулярных зрительных функций активно исследуются офтальмологами на протяжении последних десятилетий. Одним из способов создания фазовой гаплоскопии являются жидкокристаллические очки (ЖКО), в которых стекла, содержащие жидкокристаллические слои теряют прозрачность под действием электрического тока [71, 180, 182].

Еще в конце прошлого века на базе МНИИ ГБ им. Гельмгольца было проведено исследование, демонстрирующее эффективность ЖКО, работающих синхронно с компьютерной программой. Они использовались в функциональном лечении оперированного или аккомодационного содружественного косоглазия и разных видов амблиопии [71].

В ряде работ показаны хорошие результаты использования ЖКО модели P. Chaumont для развития бинокулярного зрения у детей разного возраста [101, 127].

Предложенная И.Э. Азнауряном с коллегами в 2016 году модель ЖКО Strabo Glasses показала свою эффективность в восстановлении сенсорной фузии у детей с оперированным содружественным косоглазием и амблиопией [11, 93, 94, 156].

Более ранний зарубежный вариант ЖКО Amblyz, также демонстрировал свою эффективность используемый в функциональном лечении разных видов амблиопии, в том числе дисбинокулярной [114, 115, 117, 132, 166].

В нашей работе мы использовали эту модель ЖКО Strabo Glasses по новому назначению и наблюдали улучшение бинокулярных зрительных функций не только при функциональной, но и при органической офтальмопатологии. При этом, полученные нами результаты в группе пациентов

с врожденной ЧАЗН, хорошо согласуются с данными исследований в области применения ЖКО разных модификаций для развития бинокулярных зрительных функций у пациентов с амблиопией и содружественным косоглазием. Эффективность применения фазовой гаплоскопии, создаваемой разными моделями ЖКО, отражает положительное воздействие альтернирующей зрительной стимуляции правого и левого глаза на интеграцию, поступающей от обоих глаз зрительной информации [11, 79, 84, 93, 94, 101, 115, 156, 172].

Считается, что патофизиологические механизмы бинокулярных расстройств связаны с нарушением нормальных взаимодействий между монокулярными и бинокулярными нейронами коры затылочной доли больших полушарий, что может вызывать торможение обработки зрительных сигналов от хуже видящего или косящего глаза [81, 138, 172].

Вероятно, в условиях относительно медленного режима фазовой гаплоскопии (например, как в нашей работе, с альтернирующим затемнением стекол очков по 150 мс) информация от одного глаза не препятствует обработке информации от другого глаза. При отсутствии подавления восприятия зрительной информации в центральном отделе и достаточно быстром альтернировании зрительных стимулов (например, по 50 мс), информация лучше интегрируется на уровне бинокулярных нейронов [81, 138, 172].

Кроме того, известно, что процесс пространственного восприятия невозможен без активного участия механизмов зрительной памяти, поскольку восприятие сцены зависит не только от качества получаемых от каждого глаза монокулярных изображений, но и от их успешной интеграции в единый пространственный образ внешнего мира [81, 138, 172]. Сохранение зрительной информации в кратковременной (рабочей) памяти ограничено небольшим периодом времени (около 20 секунд) и небольшим количеством (от 5 до 10), одновременно удерживаемых в памяти элементов. Рабочая зрительная память считается онлайн-системой, задачей которой является сохранение информации для использования в течение короткого периода времени, тогда как долговременная зрительная память обычно определяется как пассивное

хранение визуальной информации в течение более длительных периодов времени [81, 138, 172].

В процессе зрительного восприятия важны также движения глаз, а зрительная информация, поступающая от того и другого глаза в альтернирующем режиме некоторое время удерживается мозгом при участии зрительной памяти и когнитивных механизмов, что дает возможность ее интегрировать и сравнить со следами прежнего зрительного образа [81, 138, 172].

Нужно также отметить, что при наличии небольшой (меньше 10 градусов) девиации у пациентов с ЧАЗН, проходивших функциональное лечение, мы использовали призматическую коррекцию в соответствии со стандартными правилами ее подбора [15, 68]. Уменьшение или устранение девиации у некоторых детей с ЧАЗН в результате такого варианта лечения подтверждает возможность использования призматической коррекции в функциональном лечении косоглазия [15, 68].

Выбранные режимы фазовой гаплоскопии (150 мс на первом этапе занятий и 50 мс на втором этапе) были обоснованы результатами предыдущих исследований, показавших возможность устранения функциональной скотомы подавления при длительности монокулярных фаз альтернирующего предъявления стимулов 100-150 мс и развития бифовеальной фузии и стереозрения при длительности 50 мс [81, 138, 172]. Исходя из этого, выбранный в нашей работе способ воздействия на зрительную систему пациентов с ЧАЗН был направлен на развитие фузионного рефлекса, восстановление фузионной способности и развитие механизма бификсации (что способствовало уменьшению или устранению девиации). Активация бинокулярного механизма пространственного восприятия и доминирование его над монокулярным механизмом обуславливает улучшение бинокулярных зрительных функций и способствует появлению у некоторых пациентов стереозрения, являющегося наиболее высокой «ступенью» бинокулярного синтеза.

Положительное влияние тренировок бинокулярного зрения с ЖКО на аккомодационную способность можно вероятно объяснить улучшением работы

аккомодационного компонента бинокулярного зрения. Известно, что при ухудшении фузионной способности возникает борьба полей зрения одного и другого глаза, которая сопровождается постоянной перестройкой аккомодационного рефлекса соответственно то правому, то левому глазу [31]. ОАА при этом постепенно начинает различаться на двух глазах – возникает анизометропия. В дальнейшем, утомление глазодвигательных мышц при продолжительной зрительной работе на близком расстоянии может приводить к еще большему снижению фузионных резервов и слабости конвергенции. Рассогласование в работе аккомодационной и бинокулярной систем наиболее выражено при косоглазии, а показатели ОАА косящего глаза могут быть более чем на 2,0 дптр снижены по сравнению с показателями фиксирующего глаза [31]. В связи с этим можно предположить, что использование в функциональном лечении ЧАЗН тренировок бинокулярного зрения с ЖКО позволяет не только улучшить фузионную, но и аккомодационную способность зрительной системы.

Полученные нами результаты при использовании классической ЧЭС согласуются с результатами предыдущих работ в том, что данный метод позволяет улучшить возбудимость и проводимость зрительного нерва. Это отражается, прежде всего, в снижении порога электрической чувствительности и повышении значений электрической лабильности и способствует, в свою очередь, улучшению центрального и периферического зрения [12, 46, 52, 63, 73, 86, 89, 107, 136]. Можно предположить, что улучшение электрофизиологических показателей в результате использованных нами видов лечения обусловлено улучшением возбудимости и проводимости в зрительном нерве в результате как прямого действия электрического тока, так и в результате воздействия на сетчатку зрительных стимулов в определенном режиме.

При этом нужно отметить, что использование ЖКО как изолированно, так и в сочетании с ЧЭС позволяет достичь более высокого уровня клинической эффективности по сравнению с использованием только 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 бинокулярной МКОЗ, ПЭЧ, амплитуды фузии, пространственного восприятия и зрительной памяти сопоставима в группах с использованием ЖКО изолированно и ЖКО в сочетании с ЧЭС ( $p > 0,05$ ), а динамика монокулярной МКОЗ, ЭЛ, ОАА и бинокулярного характера зрения имеет статистическую тенденцию к более высоким показателям в группе ЖКО+ЧЭС ( $p \geq 0,02$ ) не являющуюся достоверной с учетом поправки Бонферрони для трех пар сравнений.

Таким образом, результаты проведенного нами исследования демонстрируют достаточно высокую эффективность разработанной нами комплексной системы диагностики нарушений бинокулярных зрительных функций у детей с ЧАЗН, а использование условий фазовой гаплоскопии (создаваемых при помощи ЖКО «Strabo glasses») по разработанной методике, является эффективным способом функционального лечения выявленных нарушений.

## 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.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Направление дальнейших исследований, как мы полагаем, может быть связано с совершенствованием диагностики, продолжением изучения этиологии и патогенеза врожденной и приобретенной ЧАЗН у пациентов разных возрастных групп. Необходимо также дальнейшее усовершенствование методов лечения частичной атрофии зрительного нерва разной этиологии с возможностью мультимодального воздействия на монокулярные и бинокулярные зрительные функции. Так, например, в нашем исследовании была показана эффективность комбинированного использования ЧЭС и фазовой гаплоскопии у детей с врожденной ЧАЗН. Однако, мы не могли использовать данные методы у детей с нисходящей ЧАЗН, перенесших опухоли головного мозга из-за имеющихся противопоказаний со стороны основного заболевания. Для таких пациентов представляется перспективным использование компьютерных технологий, позволяющих проводить зрительные тренировки, направленные на развитие бифовеального слияния и фузионных резервов без мелькания предъявляемых изображений, а также использование диплоптического лечения на бинариметре в условиях свободной гаплоскопии.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ЖКО – жидкокристаллические очки

ЛВГ – лучше видящий глаз

МКОЗ – максимальная корригированная острота зрения

ОАА – объем абсолютной аккомодации

ОГМ – опухоли головного мозга

ОКТ – оптическая когерентная томография

ПЭЧ – порог электрической чувствительности

СЭ – стереокинетический эффект

ЧАЗН – частичная атрофия зрительного нерва

ЧЭС – чрескожная электростимуляция

ХВГ – хуже видящий глаз

ЭЛ – электрическая лабильность

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуллина, В.Р. Прогнозирование развития атрофии диска зрительного нерва у детей с детским церебральным параличом / В.Р. Абдуллина, А.М. Ботанова // The EYE Глаз. – 2024. – Т. 26, № 3. – С. 153–159.
2. Аветисов, С.Э. Несодружественные приобретенные формы косоглазия: диагностика и хирургическое лечение / С.Э. Аветисов, С.С. Данилов, А.С. Шалтынов // Современные технологии в офтальмологии. – 2020. – № 4. – С. 314–315.
3. Анализ развития компьютерных методов бинокулярного лечения косоглазия и амблиопии / Г.И. Рожкова [и др.] // Сенсорные системы. – 2025. – Т. 39, № 2. – С. 3–44.
4. Березников, А.И. Анализ эффективности диагностики и лечения атрофии зрительного нерва на основе алгоритмизации и многомерных математических методов / А.И. Березников, С.П. Серегин, В.А. Иванов // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11, № 3. – С. 596–599.
5. Боровова, А.И. Проблемы функциональной асимметрии мозга в работах отечественных авторов / А.И. Боровова // Асимметрия. – 2023. – Т. 17, № 2. – С. 5–15.
6. Бровкина, А.Ф. Руководство по клинической офтальмологии / под ред. А.Ф. Бровкиной, Ю.С. Астахова. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2014. – 553 с.
7. Булгаков, С.В. Пространственный анализ / С.В. Булгаков, В.Я. Цветков. – М.: ООО «МАКС Пресс», 2017. – 216 с.
8. Булекбаева, Ш.А. Современные технологии в комплексной реабилитации детей с детским церебральным параличом / Ш.А. Булекбаева, Ж.Р. Дарибаев, Ш.К. Оспанова // Нейрохирургия и неврология Казахстана. – 2009. – № 23. – С. 184.

9. Вариант фенотипа частичной атрофии зрительного нерва вследствие мутации в гене C19orf12 (нейродегенерация с накоплением железа в мозге (NBIA)) / М.Е. Иванова [и др.] // РМЖ. Клиническая офтальмология. – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 32–36.
10. Возможности персонификации терапии рефрактерных и рецидивирующих форм медуллобластомы у детей: обзор литературы / Ю.В. Диникин [и др.] // Современная онкология. – 2023. – Т. 25, № 4. – С. 454–465.
11. Восстановление сенсорной фузии у детей методом попеременного разобщения полей зрения / И.Э. Азнаурян [и др.] // Вестник восстановительной медицины. – 2021. – № 3. – С. 118–124.
12. Выборная, Т.Р. Частичная атрофия зрительного нерва: патогенез и методы лечения (обзор литературы) / Т.Р. Выборная, Д.В. Давыдов // Голова и шея. – 2016. – № 1–2. – С. 60–65.
13. Гайнутдинова, Р.Ф. Значение рентгеновской компьютерной томографии и ультразвукового исследования орбит в диагностике гранулематоза Вегенера / Р.Ф. Гайнутдинова // Точка зрения. Восток–Запад. – 2020. – № 1. – С. 52–53.
14. Галинская, И.В. Метод прогнозирования прогрессирования частичной атрофии зрительного нерва различной этиологии / И.В. Галинская // Офтальмология. Восточная Европа. – 2019. – Т. 9, № 1. – С. 9–20.
15. Гладышева, Г.В. Призматическая коррекция как функциональный этап комплексного лечения косоглазия / Г.В. Гладышева, И.Л. Плисов // Современные технологии в офтальмологии. – 2019. – № 4. – С. 56–58.
16. Гончаренко, В.А. Эффективность лечения частичной атрофии зрительного нерва у детей / В.А. Гончаренко, Е.В. Громакина, Г.Г. Басова // Современные технологии в офтальмологии. – 2021. – № 2. – С. 128–131.
17. Горельшев, С.К. Медуллобластомы у детей / С.К. Горельшев, О.А. Медведева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. – с. 208.

18. Гусева, М.Р. Нейропептидная терапия в детской офтальмологической практике / М.Р. Гусева // Российская педиатрическая офтальмология. – 2015. – Т. 10, № 1. – С. 11–17.
19. Дудникова, Э.В. Минимальная мозговая дисфункция у детей. Актуальность проблемы / Э.В. Дудникова, Р.Б. Мельников // Уральский медицинский журнал. – 2020. – № 5 (188). – С. 11–15.
20. Егиазарова, А.Г. Дифференциально-диагностический подход в оценке характера течения частичной атрофии зрительного нерва / А.Г. Егиазарова, И.П. Шурыгина // Точка зрения. Восток–Запад. – 2021. – № 3. – С. 64–65.
21. Егоров, В.В. Анализ причин атрофии зрительного нерва у детей раннего возраста в аспекте концепции охраны материнства и детства в ДВФО / В.В. Егоров, О.В. Белова, Г.П. Смолякова // Российская педиатрическая офтальмология. – 2008. – № 3. – С. 13–16.
22. Егорова, Т.С. Значение индивидуальной программы реабилитации (абилитации) для детей – инвалидов по зрению / Т.С. Егорова // Российский офтальмологический журнал. – 2018. – Т. 11, № 1. – С. 67–73.
23. Жалалова, Д.З. Современные способы терапии различных форм атрофии зрительного нерва / Д.З. Жалалова, М.А. Алиев, Н.М. Норматова // Journal the Coryphaeus of Science. – 2023. – Т. 5, № 3. – С. 55–63.
24. Жукова, О.В. Психологические особенности детей с косоглазием / О.В. Жукова, Л.В. Французова // Пермский медицинский журнал. – 2011. – Т. 28, № 5. – С. 46–49.
25. Заббарова, А.Т. Нейроофтальмологические проявления поражений задней черепной ямы / А.Т. Заббарова, Л.Д. Хаялутдинова // Практическая медицина. – 2013. – Т. 69, № 1. – С. 40–43.
26. Закирова, Г.З. Хирургическое лечение атрофии зрительного нерва у детей: методики, эффективность / Г.З. Закирова, А.З. Миннегалиева // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2021. – № 3 (85). – С. 67–70.

27. Иойлева, Е.Э. Колориметрические и топографические особенности диска зрительного нерва при демиелинизирующих заболеваниях / Е.Э. Иойлева, Н.С. Гаджиева // Актуальные вопросы нейроофтальмологии: материалы. – 2008. – Т. 10. – С. 91–92.
28. Иойлева, Е.Э. Современные технологии в обследовании пациентов с атрофией зрительного нерва вследствие рассеянного склероза / Е.Э. Иойлева, М.С. Кривошеева, Е.Ю. Маркова // Офтальмология. – 2018. – Т. 15, № 2S. – С. 246–253.
29. Исследование клинической эффективности комплексного лечения частичной атрофии зрительного нерва / Д.А. Поваляева [и др.] // Вестник российских университетов. Математика. – 2014. – Т. 19, № 4. – С. 1196–1199.
30. Каган, И.И. Функциональная и клиническая анатомия органа зрения / И.И. Каган, В.Н. Канюков. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. – 216.
31. Кащенко, Т.П. Функциональное лечение при косоглазии, амблиопии, нарушениях аккомодации. Методы и приборы / Т.П. Кащенко, Ю.М. Райгородский, Т.А. Корнюшина. – М.: ИИЦ СГМУ, 2016. – 163 с.
32. Клинико-функциональные результаты комбинированного метода лечения атрофии зрительного нерва / Х.П. Тахчиди [и др.] // Офтальмохирургия. – 2009. – Т. 3, № 1. – С. 25–30.
33. Ковальчук-Ковалевская, О.В. Использование нейропротекции в лечении новорожденных детей с задержкой функционального развития ЦНС / О.В. Ковальчук-Ковалевская, И.И. Евсюкова // Педиатрия. – 2012. – Т. 91, № 6. – С. 129–134.
34. Ковтун, О.П. Оценка эффективности нейротрофической терапии частичной атрофии зрительного нерва у пациентов с рассеянным склерозом по данным электрофизиологических методов исследования / О.П. Ковтун, С.А. Коротких, И.В. Ионкина // РМЖ. Клиническая офтальмология. – 2010. – Т. 11, № 4. – С. 139–142.

35. Комиссуры мозга и связанные с ними патологии / В.Н. Николенко [и др.] // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. – 2022. – Т. 14, № 6. – С. 73–79.
36. Коморбидная патология у детей с редкими заболеваниями глаз / Н.Д. Кузьмин [и др.] // The EYE Глаз. – 2023. – Т. 25, № 2. – С. 136–143.
37. Ли, Э.Д. Нейроофтальмология. Мировые тенденции в диагностике и лечении / Э.Д. Ли, А.Д. Синклер, А. Салаки; пер. с англ.; под ред. Н.К. Серовой. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2023. – с. 608.
38. Лобанова, И.В. Анализ эффективности и стабильности зрительных функций у детей после комплексного двухэтапного метода лечения частичных атрофий зрительного нерва / И.В. Лобанова, Т.В. Павлова // Российская детская офтальмология. – 2025. – № 2. – С. 23–28.
39. Лобанова, И.В. Динамика зрительных вызванных потенциалов в процессе комплексного двухэтапного метода лечения атрофий зрительного нерва различного генеза у детей / И.В. Лобанова // Российская детская офтальмология. – 2013. – № 1. – С. 32–38.
40. Маджидова, Е.Н. Зрительные нарушения у детей с детским церебральным параличом / Е.Н. Маджидова, И.К. Абдукадырова // Вестник КазНМУ. – 2016. – № 2. – С. 294–297.
41. Мазурина, О.В. Новый диагностический подход к раннему выявлению перинатальной атрофии зрительного нерва / О.В. Мазурина, В.В. Егоров, Г.П. Смолякова // Практическая медицина. – 2018. – № 3 (114). – С. 118–122.
42. Макаров, В.К. Комплексный одномоментный метод лечения вторичного косоглазия и частичной атрофии зрительного нерва у детей / В.К. Макаров // Российская педиатрическая офтальмология. – 2010. – Т. 5, № 2. – С. 28–30.
43. Маркова, Е.Ю. Современные тенденции лечения косоглазия у детей / Е.Ю. Маркова // Офтальмология. – 2016. – Т. 13, № 4. – С. 260–264.

44. Маслова, Н.Н. Поражение органа зрения при опухолях головного мозга / Н.Н. Маслова, Н.В. Юрьева, Н.А. Покусаева // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2002. – № 3. – С. 65–67.
45. Мачехин, В.А. Гейдельбергская ретиноматография диска зрительного нерва в ранней диагностике глаукомы / В.А. Мачехин, О.Л. Фабрикантов // Вестник офтальмологии. – 2017. – Т. 133, № 4. – С. 17–24.
46. Мезенцева, В.С. Современные подходы к лечению частичной атрофии зрительного нерва физическими факторами (обзор литературы) / В.С. Мезенцева // Точка зрения. Восток–Запад. – 2016. – № 2. – С. 101–103.
47. Методики ультразвукового исследования сосудов / И.В. Ганькова-Дуган [и др.] // Лучевая диагностика, лучевая терапия. – 2016. – № 2. – С. 71–88.
48. Молекулярные биомаркеры астроцитом головного и спинного мозга / Н.А. Коновалов [и др.] // Acta Naturae (рускоязычная версия). – 2019. – Т. 11, № 2. – С. 17–27.
49. Морозов, В.И. Заболевания зрительного пути / В.И. Морозов, А.А. Яковлев. – М.: БИНОМ, 2010. – с. 680.
50. Мосин, И.М. Врожденный амавроз Лебера / И.М. Мосин // Наследственные и врожденные заболевания сетчатки и зрительного нерва: руководство для врачей / под ред. А.М. Шамшиновой. – М.: Медицина, 2001. – С. 106–121.
51. Мосин, И.М. Заболевания зрительных путей в раннем детском возрасте: этиология, клинические проявления, топическая и дифференциальная диагностика, аспекты реабилитации: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.08 / Илья Михайлович Мосин. – М., 2002. – 42 с.
52. Муслимова, З.Р. Оценка эффективности метода чрескожной электростимуляции зрительного анализатора у пациентов с частичной атрофией зрительного нерва после удаления опухолей хиазмально-селлярной области / З.Р. Муслимова, З.М. Сафина // Точка зрения. Восток–Запад. – 2016. – № 3. – С. 90–93.

53. Нарушения зрения при детском церебральном параличе / В.Н. Сальков [и др.] // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2011. – Т. 111, № 4. – С. 8–11.
54. Нейроофтальмологическая симптоматика при герминоме пинеальной и супраселлярной локализации / Н.К. Серова [и др.] // Вестник офтальмологии. – 2020. – Т. 136, № 4. – С. 39–46.
55. Николаев, П.П. Вклад Л.Н. Могилева в исследования механизмов пространственного зрения (к 100-летию со дня рождения) / П.П. Николаев, Г.И. Рожкова, М.А. Грачева // Сенсорные системы. – 2022. – Т. 36, № 4.
56. Никульшина, Я.О. Лечение глиомы ствола мозга. Особенности физико-дозиметрического планирования (клинический случай) / Я.О. Никульшина, М.И. Клиновицкая, Л.С. Бакутина // Креативная хирургия и онкология. – 2025. – Т. 15, № 3. – С. 299–307.
57. Обоснование расширения перечня профильных специалистов для оказания специализированной помощи больным детским церебральным параличом / Л.А. Пак [и др.] // Российский педиатрический журнал. – 2019. – Т. 22, № 2. – С. 68–74.
58. Опухоли головного мозга у детей: важность онконастороженности и особенности диагностики с позиции детского невролога / М.А. Уткузова [и др.] // Поволжский онкологический вестник. – 2019. – Т. 10, № 1. – С. 7–16.
59. Организация раннего выявления перинатальной атрофии зрительного нерва / О.В. Белова [и др.] // Российская педиатрическая офтальмология. – 2010. – № 3. – С. 6–9.
60. Основные причины формирования атрофий зрительного нерва у детей раннего возраста / О.В. Мазурина [и др.] // Современные технологии в офтальмологии. – 2020. – № 2. – С. 155–159.
61. Офтальмологическая симптоматика у больных с объемными образованиями среднего мозга и пинеальной области до и после хирургического лечения /

- Н.К. Серова [и др.] // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2018. – Т. 82, № 3. – С. 42–47.
62. Офтальмологические, ультразвуковые и радиологические симптомы внутричерепной гипертензии у детей раннего возраста / И.М. Мосин [и др.] // Вестник Дагестанской государственной медицинской академии. – 2015. – № 4. – С. 50–54.
63. Патент РФ № 2545411. Способ импульсной электростимуляции элементов зрительного анализатора у пациентов с частичной атрофией зрительного нерва вследствие опухолей хиазмально-селлярной области / З.М. Сафина, З.Р. Муслимова. – 2014.
64. Писаревская, О.В. Современные подходы к зрительной реабилитации пациентов с нейромоторными нарушениями / О.В. Писаревская, Л.Н. Бачалдина, М.А. Гаспарян // Acta Biomedica Scientifica. – 2022. – Т. 7, № 1. – С. 90–95.
65. Плисов, И.Л. Паралитическое косоглазие: клиника, диагностика, лечение / И.Л. Плисов, В.В. Черных. – М.: Офтальмология, 2018. – 204 с.
66. Полунин, Г.С. Физиотерапевтические методы в офтальмологии / Г.С. Полунин, И.А. Макаров. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2012. – 208 с.
67. Попова, Т.В. Изменения функционального состояния сердечно-сосудистой и центральной нервной систем у детей с нарушениями зрения в период возрастного развития с 4 до 10 лет / Т.В. Попова, Е.Г. Кокорева, О.Г. Коурова // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 3. – С. 261–267.
68. Призматическая коррекция в страбизмологии: теория и практика / Г.В. Гладышева [и др.] // Сибирский научный медицинский журнал. – 2019. – Т. 39, № 3. – С. 95–100.

69. Призматическая коррекция при остро приобретенной эзотропии с диплопией / Г.В. Гладышева [и др.] // Офтальмохирургия. – 2021. – № 4. – С. 46–51.
70. Призматический этап лечения пациентов с возрастной дистанционной эзотропией / Г.В. Гладышева [и др.] // Точка зрения. Восток–Запад. – 2020. – № 2. – С. 63–65.
71. Применение жидкокристаллических очков для исследования и восстановления бинокулярных функций / А.Ю. Григорян [и др.] // Вестник офтальмологии. – 1999. – № 1. – С. 27–28.
72. Применение мезенхимальных стволовых клеток при атрофии зрительных нервов у больных рассеянным склерозом: пилотное исследование / Г.Н. Бисага [и др.] // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. – 2017. – Т. 11, № 2. – С. 29–35.
73. Применение электрического тока в диагностике и лечении патологии зрительного нерва и сетчатки / Н.А. Шигина [и др.] // Клиническая офтальмология. – 2001. – Т. 2, № 2. – С. 66–69.
74. Результаты исследования диска зрительного нерва, толщины нейроэпителлия и слоя нервных волокон сетчатки у здоровых детей с различной рефракцией с помощью оптической когерентной томографии / И.М. Мосин [и др.] // РМЖ. Клиническая офтальмология. – 2009. – Т. 10, № 2. – С. 45–49.
75. Ремингтон, Л.Э. Клиническая анатомия и физиология зрительной системы / Л.Э. Ремингтон. – М.: ИД «Городец», 2020. – с. 336.
76. Розанова, О.И. Хирургическое лечение атипичных форм косоглазия, связанного с аномалиями прикрепления экстраокулярных прямых мышц / О.И. Розанова, А.Г. Щуко, В.В. Малышев // Офтальмохирургия. – 2003. – № 2. – С. 26–29.

77. Рубаев, А.Ю. Этиология и патогенез атрофии зрительного нерва / А.Ю. Рубаев, И.Р. Тагаева, Л.Г. Хетагурова // Владикавказский медико-биологический вестник. – 2011. – Т. 12, № 19. – С. 109–116.
78. Рыков, С.А. Виды косоглазия и их классификация / С.А. Рыков, А.С. Сенякина // Российская детская офтальмология. – 2013. – Т. 2, № 1. – С. 45–52.
79. Рычкова, С.И. Бинариметрия и жидкокристаллические очки в послеоперационной реабилитации детей с содружественным сходящимся косоглазием / С.И. Рычкова, А.Г. Щуко, В.В. Малышев // Офтальмохирургия. – 2008. – № 3. – С. 24–26.
80. Рычкова, С.И. Взаимоотношение монокулярных и бинокулярных механизмов пространственного восприятия при разных видах амблиопии / С.И. Рычкова, Н.Н. Васильева // Сенсорные системы. – 2011. – № 2. – С. 119–130.
81. Рычкова, С.И. Взаимоотношения монокулярного и бинокулярного механизмов пространственного восприятия до и после функционального лечения у детей с послеоперационной остаточной микродевиацией / С.И. Рычкова, В.Г. Лихванцева // Офтальмохирургия. – 2019. – № 4. – С. 42–49.
82. Рычкова, С.И. Зависимость стереокинетического эффекта от скорости вращения и эксцентриситета тестового изображения у детей с частичной атрофией зрительного нерва / С.И. Рычкова, Р.И. Сандимиров, Л.В. Кособуцкая // Физиология человека. – 2019. – Т. 45, № 4. – С. 13–22.
83. Рычкова, С.И. Монокулярная оценка глубины (обзор литературы) / С.И. Рычкова, В.Г. Лихванцева // The EYE Глаз. – 2022. – Т. 24, № 1. – С. 43–54.
84. Рычкова, С.И. Последовательное использование бинариметрии и жидкокристаллических очков в послеоперационной реабилитации детей с содружественным сходящимся косоглазием / С.И. Рычкова, А.Г. Щуко, В.В.

- Малышев // Российская педиатрическая офтальмология. – 2009. – № 3. – С. 38–41.
85. Сагайдак, Т.Г. Структура неврологической патологии у детей с нарушением зрительных функций / Т.Г. Сагайдак, Н.П. Путинцева, В.В. Шпрах // Acta Biomedica Scientifica. – 2019. – Т. 4, № 4. – С. 145–149.
86. Сафин, Ш.М. Применение методики чрескожной электростимуляции зрительного анализатора в реабилитации больных после удаления опухолей хиазмально-селлярной области / Ш.М. Сафин, З.Р. Муслимова, З.М. Сафина // Точка зрения. Восток–Запад. – 2020. – № 1. – С. 69–72.
87. Свечкарь, А.Я. Минимальная мозговая дисфункция как психолого-педагогическая проблема / А.Я. Свечкарь // Вестник Челябинского государственного университета. Образование и здравоохранение. – 2020. – № 10–11 (2–3). – С. 60–63.
88. Случай пилоидной астроцитомы ствола головного мозга / А.А. Меришавян [и др.] // Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии. – 2020. – Т. 19, № 4. – С. 120–124.
89. Современные аспекты диагностики и лечения частичной атрофии зрительного нерва / Л.Ф. Линник [и др.] // Офтальмохирургия. – 2007. – Т. 3, № 1. – С. 12–15.
90. Современные методы качественной и количественной оценки микроциркуляции глаза / Т.Н. Киселева [и др.] // Российский офтальмологический журнал. – 2023. – Т. 16, № 3. – С. 152–158.
91. Современные способы терапии различных форм атрофии зрительного нерва / А.К. Дракон [и др.] // Вестник офтальмологии. – 2021. – Т. 137, № 5–2. – С. 340–345.
92. Социально-экономическое бремя злокачественных опухолей головного мозга / А.В. Карташев [и др.] // Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования. – 2023. – № 5. – С. 15–24.

93. Сравнение восстановления сенсорной фузии при различных типах программирования жидкокристаллических очков / И.Э. Азнаурян [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2023. – Т. 19, № 2. – С. 121–124.
94. Сравнение эффективности восстановления сенсорной фузии при лечении на синоптофоре и жидкокристаллическими очками детей с оперированным содружественным косоглазием / И.Э. Азнаурян [и др.] // Офтальмохирургия. – 2020. – № 1. – С. 57–61.
95. Сравнительный анализ динамики формирования бинокулярных функций у детей с оперированным косоглазием и у детей с анизометропической амблиопией / Ю.В. Матросова [и др.] // Медицина. – 2018. – Т. 6, № 4. – С. 17–27.
96. Сходящееся содружественное косоглазие у взрослых / О.И. Розанова [и др.]. – Иркутск: РИО ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2005. – 131 с.
97. Федорова, С.Н. Структура и причины врожденных атрофий зрительного нерва в Хабаровском крае / С.Н. Федорова, О.В. Белова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2004. – № S (38). – С. 225–227.
98. Физические методы лечения в офтальмологии / Л.С. Патеюк [и др.] // Российский офтальмологический журнал. – 2022. – Т. 15, № 1. – С. 146–152.
99. Филиппенко, Н.Г. Наш опыт лечения атрофии зрительного нерва у детей / Н.Г. Филиппенко, А.И. Березников // Актуальные проблемы медицины. – 2012. – Т. 20, № 22 (141). – С. 64–66.
100. Фомина, Е.В. Аспекты реабилитации детей с врожденной патологией органа зрения / Е.В. Фомина, Е.М. Починок, Л.М. Тагильцева // Тюменский медицинский журнал. – 2018. – Т. 20, № 2. – С. 30–33.

101. Функциональная коррекция содружественного косоглазия у детей раннего возраста / С.И. Рычкова [и др.] // Байкальский медицинский журнал. – 2002. – Т. 31, № 2. – С. 34–35.
102. Хамраева, Л.С. Клинические особенности изменений органа зрения у детей с перинатальным поражением центральной нервной системы / Л.С. Хамраева, Е.А. Усманова, Л.Ю. Бобоха // Российская педиатрическая офтальмология. – 2015. – Т. 10, № 3. – С. 37–40.
103. Хирургия опухолей ствола мозга / С.К. Акшулаков [и др.] // Нейрохирургия и неврология Казахстана. – 2019. – № 3 (56). – С. 3–22.
104. Хуснутдинова, Э.Г. Результаты лечения малых углов содружественного косоглазия у детей с применением аппаратно-программного комплекса «КАПБИС» / Э.Г. Хуснутдинова // Восток–Запад. Точка зрения. – 2014. – № 1. – С. 244–245.
105. Частичная атрофия зрительного нерва: методы лечения на примере клинического случая пациента с атрофией коры головного мозга / Е.Е. Сидоренко [и др.] // QUANTUM SATIS. – 2022. – Т. 5, № 1–2. – С. 76–81.
106. Чехарин, Е.Е. Картина мира как когнитивная модель / Е.Е. Чехарин // Славянский форум. – 2016. – № 4. – С. 290–296.
107. Чрескожная электростимуляция у пациентов с частичной атрофией зрительного нерва вследствие опухолей хиазмально-селлярной области / М.М. Бикбов [и др.] // Офтальмологические ведомости. – 2014. – Т. 7, № 3. – С. 77–83.
108. Шишова, О.В. Ирригационная терапия Кортексином – метод интенсивного лечения офтальмопатологии заднего отрезка глаза у детей / О.В. Шишова, Ю.В. Смирнова, Е.И. Сидоренко // Terra Medica Nova. – 2007. – № 6. – С. 42–46.
109. Шодиев, А.Ш. К особенностям течения опухолей мозжечка / А.Ш. Шодиев // Достижения науки и образования. – 2022. – № 6 (86). – С. 24–27.

110. Ёрысов, К.Б. Динамика нейроофтальмологической симптоматики у больных с супратенториальными опухолями головного мозга в послеоперационном периоде / К.Б. Ёрысов, М.А. Медведев, Н.А. Имакеев // Наука, образование и культура. – 2017. – № 2 (17). – С. 47–51.
111. Эффективность системы ранней медицинской реабилитации детей с атрофией зрительного нерва перинатального генеза / О.В. Мазурина [и др.] // Современные технологии в офтальмологии. – 2019. – № 2. – С. 148–150.
112. A comprehensive review of retinal gene therapy / S.E. Boye [et al.] // Molecular Therapy. – 2013. – Vol. 21, No. 3. – P. 509–519.
113. A multifunctional AAV–CRISPR–Cas9 and its host response / W. Chew [et al.] // Nature Methods. – 2016. – Vol. 13. – P. 868–874.
114. A randomized trial of Amblyz liquid crystal occlusion glasses versus traditional patching for treatment of moderate unilateral amblyopia in children / D.E. Neely [et al.] // Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus. – 2015. – Vol. 19, No. 4. – P. e15.
115. Aljohani S. Assessing Previous Strategies and Presenting a Novel Smart Glasses to Enhance Adherence to Amblyopia Therapy in Children / S. Aljohani // Patient Preference and Adherence. – 2025. – Vol. 19. – P. 1497–1508.
116. Alternating current stimulation for vision restoration after optic nerve damage: a randomized clinical trial / C. Gall [et al.] // PLoS ONE. – 2016. – Vol. 11, No. 6. – P. e0156134.
117. Amblyopia occlusion therapy compliance: Amblyz liquid crystal glasses versus traditional adhesive patches / T. Damarjian [et al.] // Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus. – 2015. – Vol. 19, No. 4. – P. e40.
118. Au N.P.B. Neuroinflammation, microglia and implications for retinal ganglion cell survival and axon regeneration in traumatic optic neuropathy / N.P.B. Au, C.H.E. Ma // Frontiers in Immunology. – 2022. – Vol. 13. – P. 860070.

119. Behera S. A clinico-embryological study of congenital ocular and its adnexal anomalies in a tertiary care hospital / S. Behera, R.K. Chowdhury, M. Sar // International Journal of Anatomy and Research. – 2019. – Vol. 7, No. 1.2. – P. 6138–6143.
120. Bilateral optic disc pathologies as an accompanying feature of comitant strabismus in children / K.E. Turan [et al.] // International Ophthalmology. – 2018. – Vol. 38. – P. 425–428.
121. Bista S. Kinetic depth images: flexible generation of depth perception / S. Bista, I.L. Leitao da Cunha, A. Varshney // The Visual Computer. – 2017. – Vol. 33, No. 10. – P. 1357–1369.
122. Blake R. The perceptual magic of binocular rivalry / R. Blake // Current Directions in Psychological Science. – 2022. – Vol. 31, No. 2. – P. 139–146.
123. Bradke F. Mechanisms of axon growth and regeneration: moving between development and disease / F. Bradke // Journal of Neuroscience. – 2022. – Vol. 42, No. 45. – P. 8393–8405.
124. Brain tumors relevant to clinical neuro-ophthalmology / B. Leo-Kottler // Clinical Neuro-Ophthalmology: A Practical Guide. – Berlin; Heidelberg: Springer, 2007. – P. 171–183.
125. Brodsky M.C. Optic atrophy in children / M.C. Brodsky // Pediatric Neuro-Ophthalmology. – New York: Springer, 2009. – P. 155–211.
126. C19orf12 mutations in neurodegeneration with brain iron accumulation mimicking juvenile amyotrophic lateral sclerosis / M. Deschauer [et al.] // Journal of Neurology. – 2012. – Vol. 259. – P. 2434–2439.
127. Chaumont P. Lunettes alternantes a cristaux liquides / P. Chaumont // Brochure presentee au Congres International d'Orthoptique. – Cannes, 1983. – 23 p.

128. Children with dorsal midbrain syndrome as a result of pineal tumors / M.E. Hoehn [et al.] // Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus. – 2017. – Vol. 21, No. 1. – P. 34–38.
129. Cholinergic, but not dopaminergic or noradrenergic, enhancement sharpens visual spatial perception in humans / C. Gratton [et al.] // Journal of Neuroscience. – 2017. – Vol. 37, No. 16. – P. 4405–4415.
130. Clinical and molecular genetic findings in autosomal dominant OPA3-related optic neuropathy / P.I. Sergouniotis [et al.] // Neurogenetics. – 2015. – Vol. 16, No. 1. – P. 69–75.
131. Collins V.P. Pilocytic astrocytoma: pathology, molecular mechanisms and markers / V.P. Collins, D.T.W. Jones, C. Giannini // Acta Neuropathologica. – 2015. – Vol. 129. – P. 775–788.
132. Compliance with Amblyz™ liquid crystal glasses versus traditional adhesive patches / P. Ott [et al.] // Investigative Ophthalmology & Visual Science. – 2015. – Vol. 56, No. 7. – P. 2186.
133. Compressive optic disc edema and contralateral papilledema: type 2 Foster Kennedy variant syndrome / J. Zehden [et al.] // Journal of Neuro-Ophthalmology. – 2021. – Vol. 41, No. 2. – P. e217–e219.
134. Deviaterikova A. The role of the cerebellum in visual-spatial memory in pediatric posterior fossa tumor survivors / A. Deviaterikova, V. Kasatkin, S. Malykh // Cerebellum. – 2023. – Vol. 22. – P. 197-203.
135. Dudakov J.A. Interleukin-22: immunobiology and pathology / J.A. Dudakov, A.M. Hanash, M.R. van den Brink // Annual Review of Immunology. – 2015. – Vol. 33. – P. 747–785.
136. Electrical stimulation as a means for improving vision / A. Sehic [et al.] // The American Journal of Pathology. – 2016. – Vol. 186, No. 11. – P. 2783–2797.

137. Engrafted human induced pluripotent stem cell-derived anterior specified neural progenitors protect the rat crushed optic nerve / L. Satarian [et al.] // PLoS ONE. – 2013. – Vol. 8, No. 8. – P. e71855.
138. Espinasse-Berrod M.-A. Strabologie: approches diagnostiques et thérapeutiques / M.-A. Espinasse-Berrod. – Paris: Elsevier Masson, 2018. – 400 p.
139. Ficarrotta K.R. Intracranial pressure modulates aqueous humor dynamics of the eye / K.R. Ficarrotta, C.L. Passaglia // Journal of Physiology. – 2020. – Vol. 598, No. 2. – P. 403–413.
140. Glial and neuronal control of brain blood flow / P.T. Attwell [et al.] // Nature. – 2010. – Vol. 468. – P. 232–243.
141. Global, regional, and national burden of brain and other CNS cancer, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study / A.P. Patel [et al.] // Lancet Neurology. – 2019. – Vol. 18, No. 4. – P. 376–393.
142. Hayreh S.S. Pathogenesis of optic disc edema in raised intracranial pressure / S.S. Hayreh // Progress in Retinal and Eye Research. – 2016. – Vol. 50. – P. 108–144.
143. Injured adult retinal axons with Pten and Socs3 co-deletion reform active synapses with suprachiasmatic neurons / S. Li [et al.] // Neurobiology of Disease. – 2015. – Vol. 73. – P. 366–376.
144. Jeanrot N. Manuel de strabologie: aspects cliniques et thérapeutiques / N. Jeanrot, F. Jeanrot. – Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson, 2018. – 248 p.
145. Kolios G.K. Introduction to stem cells and regenerative medicine / G.K. Kolios, Y. Moodley // Respiration. – 2012. – Vol. 85, No. 1. – P. 3–10.
146. Li F. Microglia in the developing retina / F. Li, D. Jiang, M.A. Samuel // Neural Development. – 2019. – Vol. 14, No. 1. – P. 12.
147. Lucchesi M. Multisensory integration, brain plasticity and optogenetics in visual rehabilitation / M. Lucchesi, J.F. Maya-Vetencourt, D. Rusciano // Frontiers in Neurology. – 2025. – Vol. 16. – P. 1590305.

148. Lundstrom K. Viral vectors in gene therapy / K. Lundstrom // *Diseases*. – 2018. – Vol. 6, No. 2. – Article 42.
149. Microglia in retinal diseases: from pathogenesis towards therapeutic strategies / R. Xiao [et al.] // *Biochemical Pharmacology*. – 2024. – Vol. 230. – P. 116550.
150. Milea D. Hereditary optic neuropathies / D. Milea // *Neuro-Ophthalmic Disorders*. – 2020. – Vol. 68. – P. 55–65.
151. Miller N.R. Optic neuropathies: current and future strategies for optic nerve protection and repair / N.R. Miller, R.K. Tsai // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2023. – Vol. 24, No. 8. – P. 6977.
152. Mitochondrial optic neuropathies / V. Carelli [et al.] // *Handbook of Clinical Neurology*. – 2023. – Vol. 194. – P. 23–42.
153. Moura F.C. Evaluation of macular thickness measurements for detection of band atrophy of the optic nerve using optical coherence tomography / F.C. Moura, F.A. Medeiros, M.L.R. Monteiro // *Ophthalmology*. – 2007. – Vol. 114. – P. 175–181.
154. Neuroinflammation triggered by  $\beta$ -glucan/dectin-1 signaling enables CNS axon regeneration / K.T. Baldwin [et al.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 2015. – Vol. 112, No. 8. – P. 2581–2586.
155. Neuroophthalmic manifestations of intracranial tumours in children / M. Kotecha [et al.] // *Case Reports in Ophthalmological Medicine*. – 2021. – Vol. 2021. – Article ID 7793382.
156. New method of sensory fusion rehabilitation using intermittent occlusion with LCD glasses / I.E. Aznauryan [et al.] // *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*. – 2018. – Vol. 22. – P. e20.
157. Nouraeinejad A. Neurological pathologies in acute acquired comitant esotropia / A. Nouraeinejad // *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. – 2023. – Vol. 261, No. 12. – P. 3347–3354.

158. Optic nerve cupping and the neuro-ophthalmologist / C.L. Fraser [et al.] // Journal of Neuro-Ophthalmology. – 2013. – Vol. 33. – P. 377–389.
159. Optical coherence tomography (OCT) in neuro-ophthalmology / N. Minakaran [et al.] // Eye. – 2021. – Vol. 35, No. 1. – P. 17–32.
160. Optical coherence tomography detects characteristic retinal nerve fiber layer thickness corresponding to band atrophy of the optic discs / A. Kanamori [et al.] // Ophthalmology. – 2004. – Vol. 111. – P. 2278–2283.
161. Outcomes of children with central nervous system germinoma treated with multi-agent chemotherapy followed by reduced radiation / S. Cheng [et al.] // Journal of Neuro-Oncology. – 2016. – Vol. 127, No. 1. – P. 173–180.
162. Placental weight and neurologic outcome in the infant: a review / J. Teng [et al.] // Journal of Maternal-Fetal and Neonatal Medicine. – 2012. – Vol. 25, No. 10. – P. 2082–2087.
163. Predicting visual outcome after treatment of pituitary adenomas with optical coherence tomography / M. Jacob [et al.] // American Journal of Ophthalmology. – 2009. – Vol. 147, No. 1. – P. 64–70.e2.
164. PTEN knockdown with the Y444F mutant AAV2 vector promotes axonal regeneration in the adult optic nerve / Z.R. Huang [et al.] // Neural Regeneration Research. – 2018. – Vol. 13, No. 1. – P. 135–144.
165. Randomised controlled trial of video clips and interactive games to improve vision in children with amblyopia using the I-BiT system / N. Herbison [et al.] // British Journal of Ophthalmology. – 2016. – Vol. 100. – P. 1511–1516.
166. Randomized trial of Amblyz™ intermittent occlusion glasses vs traditional patching for treating children with moderate unilateral amblyopia / J. Wang [et al.] // Investigative Ophthalmology & Visual Science. – 2015. – Vol. 56, No. 7. – P. 2185.

167. Ravshanov D.M. Frequency and peculiarities of localisation of parasagittal meningiomas of the cerebral hemispheres / D.M. Ravshanov // *International Journal of Health Sciences*. – 2022. – Vol. 6, No. S2. – P. 6035–6041.
168. Referral for ophthalmology evaluation and visual sequelae in children with primary brain tumors / Y. Liu [et al.] // *JAMA Network Open*. – 2019. – Vol. 2, No. 8. – P. e198273.
169. Retinopathy and optic atrophy: expanding the phenotypic spectrum of pathogenic variants in the AARS2 gene / J.H. Peragallo [et al.] // *Ophthalmic Genetics*. – 2018. – Vol. 39, No. 1. – P. 99–107.
170. Riva D. The cerebellum contributes to higher functions during development: evidence from a series of children surgically treated for posterior fossa tumours / D. Riva, C. Giorgi // *Brain*. – 2000. – Vol. 123, No. 5. – P. 1051–1061.
171. Rucker J.C. Nystagmus and saccadic intrusions / J.C. Rucker // *CONTINUUM: Lifelong Learning in Neurology*. – 2019. – Vol. 25, No. 5. – P. 1376–1400.
172. Rychkova S. Alternation frequency thresholds for stereopsis as a technique for exploring stereoscopic difficulties / S. Rychkova, J. Ninio // *i-Perception*. – 2011. – Vol. 2. – P. 1–17.
173. Sacks P. Epidemiology of brain metastases / P. Sacks, M. Rahman // *Neurosurgery Clinics of North America*. – 2020. – Vol. 31. – P. 481–488.
174. Schaeffer S. Revisiting the neurovascular unit / S. Schaeffer, C. Iadecola // *Nature Neuroscience*. – 2021. – Vol. 24, No. 9. – P. 1198–1209.
175. Sefi-Yurdakul N. Visual findings as primary manifestations in patients with intracranial tumors / N. Sefi-Yurdakul // *International Journal of Ophthalmology*. – 2015. – Vol. 8, No. 4. – P. 800–807.
176. Stereokinetic effect, kinetic depth effect, and structure from motion / S. Vezzani, P. Kramer, P. Bressan // *The Oxford Handbook of Perceptual Organization*. – Oxford: Oxford University Press, 2014. – P. 26.

177. Takahashi K. A decade of transcription factor-mediated reprogramming to pluripotency / K. Takahashi, S. Yamanaka // *Nature Reviews Molecular Cell Biology*. – 2016. – Vol. 17, No. 3. – P. 183–193.
178. The basic science of optic nerve regeneration / L. Fague, Y.A. Liu, N. Marsh-Armstrong // *Annals of Translational Medicine*. – 2021. – Vol. 9, No. 15.
179. The contribution of microglia to the development and maturation of the visual system / M.A. Dixon [et al.] // *Frontiers in Cellular Neuroscience*. – 2021. – Vol. 15. – P. 659843.
180. Treating amblyopia with liquid crystal glasses: a pilot study / A. Spierer [et al.] // *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. – 2010. – Vol. 51. – P. 3395–3398.
181. Uddin F. CRISPR gene therapy: applications, limitations, and implications for the future / F. Uddin, C.M. Rudin, T. Sen // *Frontiers in Oncology*. – 2020. – Vol. 10. – P. 1387.
182. Using liquid crystal glasses to treat amblyopia in children / I. Erbagci [et al.] // *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*. – 2015. – Vol. 19, No. 3. – P. 257–259.
183. Vandenberghe L.H. What is next for retinal gene therapy? / L.H. Vandenberghe // *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*. – 2015. – Vol. 5, No. 10. – P. a017442.
184. Vision restoration after brain and retina damage: the “residual vision activation theory” / B.A. Sabel [et al.] // *Progress in Brain Research*. – 2011. – Vol. 192. – P. 199–262.
185. Visual loss and recovery in chiasmal compression / H.V. Danesh-Meyer [et al.] // *Progress in Retinal and Eye Research*. – 2019. – Vol. 73. – P. 100765.
186. Wong K. Retinal ganglion cell survival and axon regeneration after optic nerve injury: role of inflammation and other factors / K. Wong, L.I. Benowitz //

International Journal of Molecular Sciences. – 2022. – Vol. 23, No. 17. – P. 10179.

187. Workup for optic atrophy / B. Chwalisz, D.M. Cestari, F.X. Borruat // Neuro-Ophthalmology: Global Trends in Diagnosis, Treatment and Management. – Cham: Springer International Publishing, 2019. – P. 167–199.