



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТАРНО-
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЮрГГПУ»)

ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ОБЩЕЙ БИОЛОГИИ И ФИЗИОЛОГИИ

Динамика морфофункционального состояния зрительной системы школьников
начального и среднего звена обучения

Выпускная квалификационная работа по направлению
44.04.01 Педагогическое образование
«Эколого-биологическое образование»

Проверка на объем заимствований:

82,14 % авторского текста
Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована
« 12 » ОКТАБРА 20 17.
зав. кафедрой Общей биологии и
физиологии

Научный руководитель:

д.б.н., профессор
Шибкова Шибкова Дарья Захаровна

Выполнила:

Студентка группы ЗФ-101-139-2-1

Ивлева Анна Александровна

Челябинск
2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Глава 1. Обзор литературы	7
1. 1. Значение зрительного восприятия для развития ребенка и нормы, ограничивающие зрительную нагрузку.....	7
1. 2. Морфологические изменения зрительного анализатора в процессе онтогенеза.....	10
1. 3. Изменения амплитудно-временных характеристик зрительных вызванных потенциалов в процессе онтогенеза.....	15
1. 4. Движения глаз при фиксации и их роль в процессе зрения.....	20
Глава 2. Организация и методы исследования	26
2. 1. Организация исследования.....	26
2.2. Визометрия.....	27
2.3. Общие принципы метода вызванных потенциалов (ВП).....	29
2.4. Регистрация зрительных вызванных потенциалов (ЗВП) на реверсивный шахматный паттерн.....	32
2.5. Регистрация движений глаза при фиксации.....	35
2.6. Статистические методы анализа результатов.....	36
Глава 3. Результаты исследования и их обсуждение	37
3. 1. Объем и структура зрительной нагрузки по данным параллельного анкетирования детей и их родителей.....	37
3. 2. Оценка функциональных показателей зрительной системы....	39
3. 2. 1. Острота зрения.....	40
3. 2. 2. Амплитудно-временные характеристики зрительных вызванных потенциалов (ЗВП) на реверсивный шахматный паттерн.....	41
3. 2. 3. Характеристики движений глаза при фиксации.....	46
3. 2. 4. Результаты сравнения испытуемых в группах.....	47
3. 2. 4. 1. Сравнение групп, различающихся по возрасту.....	47

3. 2. 4. 2. Сравнение групп, различающихся по субъективной оценке ежедневной продолжительности использования дисплейных устройств.....	49
3. 2. 4. 3. Сравнение групп испытуемых, различающихся по наличию жалоб на зрительное утомление.....	52
Выводы	55
Рекомендации по коррекционной и профилактической работе со школьниками.....	56
Литература	62
Приложения.....	71

ВВЕДЕНИЕ

Период обучения в школе совпадает с наиболее интенсивными перестройками в детском организме, что делает его наиболее чувствительным к воздействию функциональных перегрузок и неблагоприятных факторов среды. Нарушения здоровья в школьном периоде могут препятствовать успешному освоению учебной программы и снижать шансы на успешную социализацию ребенка в дальнейшем. Федеральный государственный стандарт основного общего образования определяет сохранение и укрепление здоровья детей в качестве одного из важнейших направлений деятельности образовательного учреждения (Шибкова Д.З., Байгужин П.А., 2013).

Сама постановка вопроса о сбережении здоровья школьников уже предполагает два аспекта - педагогический и медико-биологический, т.е. находится в области пересечения двух различных дисциплин (Эмануэль Ю.В., 2011). Здоровье детей определяется сопряженной изменчивостью морфофункциональных параметров организма на разных этапах индивидуального развития. При этом каждому возрастному этапу свойственны свои особенности организации физиологических систем. В целях эффективного мониторинга состояния здоровья детей необходимо исследование процессов морфофункционального и психофизиологического развития растущего организма. Полученная информация даст возможность разрабатывать корректные профилактические и оздоровительные мероприятия, оценивать успешность проводимой здравоохранительной и образовательной политики (Гребнева Н.Н., 2012).

Заболевания органов зрения у детей - важная медико-социальная проблема, решение которой зависит от комплекса факторов, включая уровень знаний педагогов и родителей об особенностях развития зрительной системы ребенка, факторах риска и предпосылках к возникновению офтальмологических заболеваний в детском возрасте.

Визуальное окружение человека стремительно изменяется и усложняется с каждым годом. Кроме традиционных носителей информации мы повсеместно сталкиваемся с их новыми формами, такими как мониторы компьютеров, планшетов, мобильных телефонов. Появились новые типы источников освещения, изменилось визуальное оформление пространства, особенно в городах. Все эти изменения оказывают существенное влияние на зрительную систему человека.

Наряду с преобразованиями визуальной среды нарастают и объемы потребляемой и производимой обществом информации. В настоящее время интенсификация образовательных процессов требует от учащихся восприятия все больших объемов новой информации. В сложившейся ситуации актуальным представляется изучение изменений функциональных показателей зрительной системы у детей младшего и среднего школьного возраста под влиянием зрительных нагрузок.

Цель. Выявить особенности изменения функциональных показателей зрительной системы у учащихся младшего и среднего школьного возраста в зависимости от объема дисплейной зрительной нагрузки и наличия жалоб на зрительное утомление.

Задачи.

1. Проанализировать научную литературу, посвященную строению и возрастным морфофункциональным изменениям зрительной системы человека.

2. Обосновать выбор методов исследования функциональных показателей зрительной системы у детей младшего и среднего школьного возраста.

3. Провести сравнительный анализ остроты зрения, амплитудно-временных параметров зрительных вызванных потенциалов и характеристик движений глаза при фиксации в группах учащихся младшего и среднего школьного возраста в зависимости от объема зрительной нагрузки и наличия жалоб на зрительное утомление.

4. Составить рекомендации по коррекционной и профилактической работе со школьниками педагогов и родителей.

Объект и предмет исследования. Исходя из выбранной темы, объектом исследования является зрительный анализатор, а предметом исследования – его функциональные особенности и изменения в зависимости от объема дисплейной зрительной нагрузки и наличия жалоб на зрительное утомление у детей младшего и среднего школьного возраста.

Гипотеза. Вероятно, можно выделить особенности изменения функциональных показателей зрительной системы, возникающие под влиянием дисплейных зрительных нагрузок у детей младшего и среднего школьного возраста.

Научно-практическая значимость. Получение данных о состоянии функциональных параметров зрительной системы у детей имеет важное значение для ранней диагностики и профилактики офтальмологических заболеваний. Нормативные данные у детей различных возрастных групп необходимы для корректной интерпретации результатов исследований, что позволит отличить патологические изменения от естественных возрастных процессов созревания и перестройки зрительного анализатора.

Выявление возрастных особенностей восприятия и обработки зрительной информации у детей с различиями в объеме зрительной нагрузки так же имеет значение для педагогики, так как начальным и важнейшим звеном в обеспечении познавательной деятельности является восприятие информации. Именно зрительное восприятие становится основой для формирования психических функций и последующего познавательного и социального развития детей (Фильчикова Л.И., 1999). Специфика возрастных преобразований коры головного мозга в значительной мере предопределяет особенности анализа зрительной информации на разных этапах индивидуального развития.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1. 1. Значение зрительного восприятия для развития ребенка и нормы, ограничивающие зрительную нагрузку.

Отправной точкой любого познавательного процесса всегда является восприятие. Для когнитивных процессов особенно важно зрительное восприятие, что определяется максимальной долей визуально воспринимаемой человеком информации в общем информационном потоке. Зрительное восприятие принимает участие во многих психических процессах и отражает особенности функционального развития мозга (Морозова Л.В., 2008). Механизмы зрительного восприятия реализуются посредством слаженного взаимодействия различных структур мозга, которые в процессе онтогенеза подвергаются значительным изменениям, перестраиваясь и оптимизируя свою работу.

Нейробиологическая зрелость определенных мозговых структур позволяет ребенку адаптироваться к условиям существования, изменяющимся в процессе развития. Не менее важна адекватность и своевременность внешних требований, предъявляемых ребенку социумом к морфофункциональной готовности его мозга (Семенович А.В., 2005).

Под зрительной нагрузкой в общем смысле можно понимать любую зрительную работу на близком расстоянии – чтение, использование компьютера, смартфона или планшета, рукоделие и т.п. В современных условиях нагрузка на зрительный анализатор стремительно возрастает, что приводит к росту числа офтальмологических заболеваний у детей (Онищенко Г.Г., 2007), несмотря на существующие санитарно-гигиенические нормы, ограничивающие учебную нагрузку (СанПиН 2.4.2.2821-10, эл. ресурс).

Среди факторов, способствующих снижению остроты зрения у школьников, в частности, из-за развития миопии, наибольший вклад демонстрирует суммарное влияние факторов зрительной нагрузки (у

мальчиков 52,8%, у девочек 51,7%) (Мингазова Э.Н., Самойлов А.Н., Шиллер С.И., 2012). По данным медико-социологических исследований школьники мало информированы о заболеваниях зрительной системы, в частности, о наиболее распространенном из них – миопии, а так же о возможностях профилактических мероприятий, нерационально ведут себя во время школьных перемен с позиций гигиены зрения. Многие дети не соблюдают режим труда и отдыха: не умеют переключаться на другие виды деятельности, работают в условиях нерациональной зрительной нагрузки, мало занимаются спортом, спят и гуляют (Гурылева М.Э., Галимзянова Г.З., 2011). Помимо информационной перегрузки учебных программ и несоблюдения гигиенических требований, негативное влияние на здоровье детей оказывает недостаточная грамотность родителей в вопросах сохранения здоровья и недостатки существующей системы физического воспитания (Смирнов Н.К., 2012).

По данным Министерства Здравоохранения РФ среди детей в возрасте 0-14 лет, начиная с 2006 года, отмечается устойчивый рост заболеваемости болезнями глаза и придаточного аппарата. В 2014 году данный показатель составил 1443,9 тыс. человек. В период с 1999 по 2010 год частота выявления болезней глаза и его придаточного аппарата у детей до 15 лет увеличилась на 34,8%, у подростков – на 72,9% (Федеральная служба государственной статистики, эл. ресурс; Сабгайда Т.П., Окунев О.Б., 2012).

Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» №273 предписывает организациям, осуществляющим образовательную деятельность, создавать условия для охраны здоровья обучающихся, в том числе обеспечивать пропаганду и обучение навыкам здорового образа жизни, требованиям охраны труда, проведение санитарно-гигиенических, профилактических и оздоровительных мероприятий (Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации», эл. ресурс).

Зачастую родителями, педагогами и тем более самими детьми игнорируются отдельные санитарно-гигиенические требования к организации образовательного процесса. Действующие с 1 сентября 2011 года СанПиН 2.4.2.2821-10 предписывают максимальную аудиторную нагрузку для учащихся 1-9 классов не более 26-36 часов в неделю при 5-ти дневной неделе и не более 21-33 часов при 6-ти дневной неделе, не более 10 часов внеурочной деятельности. Продолжительность непрерывного пользования компьютером на уроке составляет не более 20-35 минут, просмотра статических изображений на экране проектора не более 10-25 минут. Кроме того, правилами предписано после использования технических средств обучения, связанных со зрительной нагрузкой выполнять комплекс упражнений для профилактики утомления глаз. Зачастую не выполняются требования к проведению физкультминуток, объему домашнего задания (не более 1,5-2,5 часов у 2-8 классов), чередованию различных видов деятельности на уроке (они должны меняться каждые 7-15 минут), и к поддержанию у учащихся правильной осанки и расстояния от глаз до книги или монитора компьютера.

Все вышеперечисленные факторы существенно увеличивают риски развития офтальмологических патологий у школьников. Приобретенные в детском возрасте заболевания глаз могут ограничивать учащихся в выборе профессии и дальнейшей трудовой деятельности. Профилактика офтальмологических заболеваний является основой правильного формирования и развития органа зрения и зрительных функций.

Детальное знание возрастных особенностей функционирования зрительной системы необходимо для предупреждения и раннего выявления патологических изменений, поскольку они, в случае несвоевременной диагностики, могут приводить к необратимым нарушениям зрения.

1. 2. Морфологические изменения зрительного анализатора в процессе онтогенеза.

Современные представления о возрастных преобразованиях зрительной системы в значительной степени основаны на результатах параллельных морфологических и функциональных исследований. Такие объективные физиологические процессы как нейрогенез, синаптогенез и миелиногенез отражают преобразование нервной ткани на анатомическом уровне и имеют ключевое значение для понимания механизмов пластичности, лежащих в основе функциональной реорганизации мозга и сетчатки (Зуева М.В., 2012а).

Связывание отдельных структур мозга в функциональные системы происходит задолго до их полного созревания. Гармоничные взаимосвязи между многочисленными и различными по сложности, расположению и степени зрелости компонентами устанавливается благодаря гетерохронии – неодновременному росту и развитию различных структурных образований. Гетерохрония проявляется в разном времени закладки, в разных темпах развития и объединения этих структур в онтогенезе. Она служит способом решения важнейшей эволюционной задачи – постепенному возникновению у новорожденного полноценных и жизненно необходимых на данном этапе развития функциональных систем (Микадзе Ю.В., 2008).

Зрительный анализатор имеет крайне сложное строение (рис. 1). Свет воспринимается палочками и колбочками сетчатки, от которых сигнал через биполярные нейроны передается ганглиозным клеткам. Аксоны этих клеток являются афферентными путями зрительного анализатора. При выходе из сетчатки они образуют зрительные нервы. От глазного яблока зрительный нерв направляется в задне-медиальном направлении и покидает глазницу через канал зрительного нерва, расположенный в малом крыле крыловидной кости. Выйдя у заднего конца зрительного канала, нерв проходит в среднюю мозговую ямку и пересекается со зрительным нервом другого глаза, формируя хиазму

(зрительный перекрест). Небольшое число аксонов от зрительного нерва каждого глаза покидает перекрест и идет в супраоптическое ядро гипоталамуса, принимая участие в регуляции циркадных ритмов. Неперекрещивающиеся боковые пучки волокон зрительных нервов и срединные перекрещенные волокна образуют зрительные тракты. Небольшое число аксонов покидает каждый тракт и завершается в претектальном ядре оливы, формируя чувствительное звено зрачкового рефлекса. Еще одна небольшая группа аксонов от каждого тракта идет в верхние холмики четверохолмия среднего мозга, отвечая за координированные движения глаз и головы в ответ на зрительные раздражители. Зрительные тракты доходят до промежуточного мозга, где их волокна заканчиваются в латеральном коленчатом теле (Уилсон-Паувелс Л., Стюарт П.А., Окессон Э.Дж. и др., 2013).

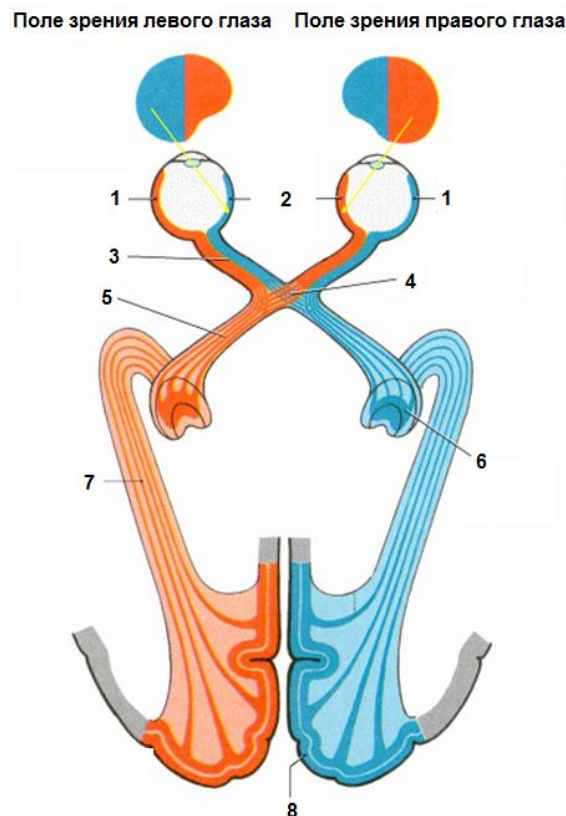


Рисунок 1. Схема строения зрительного анализатора: 1 – темпоральная половина сетчатки, 2 – назальная половина сетчатки, 3– зрительный нерв, 4 – хиазма, 5 – зрительный тракт, 6 – латеральное коленчатое тело, 7 – зрительная лучистость (пучок

Грациоле), 8 – зрительная кора (Источник: <http://www.rcemlearning.co.uk/references/eye-initial-assessment/>, изображение переработано автором).

Латеральное коленчатое тело – высокоорганизованное образование, состоящее из шести слоев. Два вентральных слоя представлены относительно крупными нейронами и называются «магноцеллюлярными» слоями. Они получают информацию от магноцеллюлярных ганглиозных клеток, расположенных в основном в периферической части сетчатки. Четыре дорсальных слоя состоят из более мелких нейронов и называются «парвоцеллюлярными» слоями. Они получают информацию от парвоцеллюлярных ганглиозных клеток, несущих информацию от центральной ямки. Каждый слой получает информацию только от одного глаза. Слои 2, 3 и 5 получают сигналы от височной половины сетчатки ипсилатерального глаза, слои 1, 4 и 6 получают сигналы от назальной половины сетчатки контрлатерального глаза.

От латерального коленчатого тела начинаются афферентные пути, входящие в состав пучка Грациоле. Эти афферентные волокна заканчиваются в корковом конце зрительного анализатора, расположенном на внутренней поверхности затылочной доли на обеих губах шпорной борозды и в прилегающих извилинах.

К первичной проекционной зоне, воспринимающей зрительные сигналы, относится поле Бродмана 17. Проекционно-ассоциативная зона, обеспечивающая зрительное опознание и память, включает поля 18 и 19. К ассоциативной зоне, осуществляющей анализ и синтез зрительной информации, относятся поля теменно-височно-затылочной области, связанные с опознанием сложных объектов. Зрительная кора большого мозга также имеет связи с корой лобной, теменной и височной долей (Хьюбел Д., 1990).

Структурные изменения коры большого мозга в постнатальном онтогенезе происходят постепенно (Johnson M.N., 1993). Каждый период

этого процесса в разных корковых формациях имеет конкретные временные границы, закономерно структурирован и характеризуется количественной и качественной спецификой морфологических изменений на уровне нейронов и их ансамблей (Gogtay N., Giedd J. N., Lusk L. et al., 2004). Локальная специализация клеточных объединений разного уровня отражает специфику нейронных сетей, обслуживающих информационные и регуляторные процессы, составляющие основу когнитивной деятельности человека (Grill-Spector K., Malach R., 2004).

В созревании коры выделяют два основных процесса: рост дендритов и аксонов (развитие волокнистого компонента) и дифференцировку различных типов нейронов. Скорость роста коры определяется развитием дендритов и синаптических контактов с другими клетками и неодинакова в различных зонах головного мозга. К 3 годам происходит замедление роста коры в проекционных отделах, к 7 годам – в ассоциативных отделах. В пределах коры раньше всего созревают афферентные и эфферентные нейроны, а позднее – интернейроны, участвующие в образовании локальных нервных сетей. Дифференцировка интернейронов начинается в первые месяцы после рождения, наиболее активно идет от 3 до 6 лет и завершается в передней ассоциативной области к 14 годам (Микадзе Ю.В., 2008).

Процесс миелинизации, по завершении которого нервные клетки способны к полноценному функционированию, также проходит неравномерно в разных зонах коры. Миелинизация начинается и завершается раньше в тех областях, которые связаны с первичным восприятием сенсорной информации или осуществляет связь с филогенетически более древними подкорковыми структурами. В филогенетически более молодых отделах мозга, обеспечивающих внутрикорковые связи, этот процесс начинается позже и откладывается на более долгий срок. Так, в ассоциативных путях процесс миелинизации

может продолжаться до 25 лет (Miller D.J., Duka T., Stimpson C.D. et al., 2012).

Ассоциативные поля мозга занимают наиболее высокое положение в иерархии взаимодействия различных зон мозга, осуществляя наиболее сложную обработку информации. Задняя ассоциативная область (теменно-височно-затылочная) обеспечивает синтез и преобразование всей входящей сенсорной информации различной модальности в целостное отражение окружающего мира и играет существенную роль в восприятии и узнавании сложных зрительных образов. Ей отводится наряду с нижнетеменными областями (поле Бродмана 39) роль высшего интегрирующего звена в анализе зрительной информации (Микадзе Ю.В., 2008). Особенности развития теменно-височно-затылочной области являются более позднее обособление входящих в нее полей, относительно поздно завершающаяся клеточная дифференцировка, высокая степень упорядоченности структуры.

Таким образом, на ранних этапах индивидуального развития проекционные отделы зрительной коры в целом опережают по срокам развития ассоциативные отделы. К моменту рождения наиболее дифференцировано поле 17, на следующем этапе совершенствуются 18 и 19 поля. Наиболее длительно в процессе онтогенеза развиваются ассоциативные поля (37ac, 37a, 37d), что обуславливает постепенное формирование зрительного восприятия, совершенствование сложных форм которого в процессе онтогенеза происходит на основе все большего вовлечения ассоциативных областей в прием и анализ сенсорно-специфической информации (Бетелева Т.Г., 1990). В целом для зрительной коры характерны следующие сроки наиболее выраженных изменений цито- и фиброархитектоники: первый год жизни, 3 года, 5-7 и 12-13 лет. К 18 годам формируется системное взаимодействие и продолжает усиливаться интеграция зрительной проекционной и ассоциативной областей.

1. 3. Изменения амплитудно-временных характеристик зрительных вызванных потенциалов в процессе онтогенеза.

Зрительная система человека к моменту рождения еще сохраняет несовершенные черты: не полностью сформирована фовеа, продолжается миелинизация зрительного нерва, недоразвита система синаптических контактов на всех уровнях зрительного анализатора. Для нормального постнатального развития зрительной системы необходимо ее постепенное физиологическое созревание и наличие сенсорного опыта ребенка в окружающей среде (Зуева М.В., 2012а). Незрелость анатомических структур определяет и незрелость вызванных потенциалов зрительной коры, изменения которых в процессе индивидуального развития следует учитывать при анализе результатов электрофизиологических исследований (Шамшинова А.М., 2005).

ЗВП в ответ на зрительную стимуляцию регистрируются уже с первых часов жизни ребенка, в наибольшей степени они выражены в проекционной зрительной коре. За ее пределами в других корковых структурах стабильный основной комплекс ЗВП не регистрируется (Malcolm C.A., McCulloch D.L., Shepherd A.J., 2002). Хотя временные параметры ЗВП намного превышают соответствующие показатели взрослого человека, локализация и относительная стабильность позволяют расценивать такие ответы как сенсорно-специфические (Elleberg D., Lewis T.L., Liu C.H. et al., 1999). Длительный латентный период обусловлен проведением информации по еще не миелинизированным зрительным путям.

Уже в первом полугодии постнатальной жизни миелинизация зрительных путей обеспечивает увеличение скорости проведения сигнала. В зрительной проекционной зоне наблюдается значительное усиление синаптогенеза, интенсивное формирование звездчатых интернейронов (Фильчикова Л.И., Дубовская Л.А., Крюковских О.Н., 1995).

Период ускоренного развития нервных клеток и образования большого количества синапсов сменяется периодом разрушения и резкого сокращения числа избыточных нейронов и их неэффективных контактов, способствуя более тонкой настройке функций нервной ткани (Зуева М.В., 2012б). Так, пик количества синапсов в первичной проекционной зрительной коре приходится на возраст 6-9 месяцев, но уже к 10 годам их количество сокращается примерно в половину от этого максимума (Braddick O., Atkinson J., 2011).

Незрелость нейронного аппарата височно-теменно-затылочной области и ее связей с проекционной корой препятствует их взаимодействию. Возможно вовлечение этой области коры в зрительную функцию по связям, идущим от подкорковых структур. В качестве аргумента в пользу вовлечения височно-теменно-затылочной области в зрительную функцию может служить реакция новорожденных на «лицеподобные» паттерны, которые являются биологически значимыми стимулами (Nelson C.A., Collins P.F., 1992).

Существенно изменяется характер глазных движений, фиксация взора становится согласованной и бинокулярной. Этому способствует постепенное созревание волокнистых структур коры, обеспечивающее возможность функционирования двусторонних связей проекционной коры с другими корковыми зонами, включая верхнюю теменную кору и глазодвигательные поля лобной области. Становление коркового контроля глазных движений позволяет перейти от ориентировочной реакции к направленному вниманию, что существенно сказывается на возможностях анализа и обработки зрительных стимулов. (Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких, 2009).

Восприятие целостной картины окружающего мира обеспечивается слаженной работой двух взаимодополняющих систем зрения (Ungerleider L.G., Haxby J.V., 1994). Одна из них (магноцеллюлярная) обеспечивается

крупными ганглиозными клетками, расположенными на периферии сетчатки, и имеет низкую разрешающую способность, осуществляя общее грубое восприятие зрительного стимула. Другая система (парвоцеллюлярная), производит его детальный анализ. Парвоцеллюлярная система берет начало в мелких ганглиозных клетках фовеальной части сетчатки, рецептивные поля которых отличаются малыми размерами и чувствительностью к высоким пространственным частотам (Муравьева С.В., 2013; Kaplan E., 2012).

Относительно большая зрелость структур магноцеллюлярного зрительного пути на ранних этапах жизни обуславливает успешность анализа изображений, характеризующихся низкой пространственной частотой и определяющих возможность выделения контуров и крупных деталей объекта. Уже на первом году жизни латентный период раннего позитивного компонента на шахматный паттерн с крупными клетками имеет те же значения, что и у взрослых; показатели ЗВП на паттерны с мелкими клетками, которые анализируются в парвоцеллюлярном зрительном пути, не достигают дефинитивных значений даже в 5-летнем возрасте (Kelly J.P., Darvas F., Weiss A.H., 2014).

В исследовании А. Farrant и L.Q. Uddin с использованием функциональной магнитно-резонансной томографии было обнаружено наличие ассиметричного паттерна развития магно- и парвоцеллюлярной систем при сравнении детей в возрасте 7-12 лет и взрослых в возрасте 18-31 года. Дети демонстрировали большую функциональную интеграцию областей мозга, относящихся к магноцеллюлярному зрительному пути, а взрослые – к парвоцеллюлярному (Farrant A., Uddin L.Q., 2015).

Формирование парвоцеллюлярной системы продолжается в течение длительного периода онтогенеза, достигая значительной степени зрелости к 7 годам, и завершается к 15-летнему возрасту.

Наличие быстрой динамики ЗВП в первом полугодии жизни ребенка свидетельствует о качественно новом, более высоком уровне восприятия

зрительного стимула и дает основание рассматривать этот возрастной период как ранний критический период онтогенеза зрительной системы человека.

Следующий, более длительный период, продолжается до 7-летнего возраста, когда ЗВП по конфигурации и амплитудно-временным характеристикам приближается к ответу взрослого нормально видящего человека (Lenassi E., Likar K., Stirn-Kranjc B. et al., 2008).

Когда ребенок начинает ходить, расширяются возможности его самостоятельного ознакомления с внешним миром. В этом процессе важная роль отводится полимодальной конвергенции. Роль информации, поступающей по разным сенсорным каналам, состоит не только в формировании целостного образа, но и в его коррекции на основе обратных связей.

В течение раннего и дошкольного периодов начинают формироваться механизмы, позволяющие осуществлять контроль поступающей информации на основании определения ее значимости. Эти механизмы позволяют ребенку, с одной стороны, выделить существенную для деятельности информацию, а с другой – удержаться от непосредственной реакции на стимул. Последнее связано с формированием тормозного контроля, который практически отсутствует до трех лет и значительно улучшается на пятом году жизни (Цехмистренко Т.А., Васильева В.А., 2001).

Структурные изменения нейронного аппарата коры к концу дошкольного возраста приводят к качественным преобразованиям функциональной организации зрительного восприятия – специализации корковых зон в зрительных операциях. Как показывают морфологические исследования к 6-7 годам в проекционной зрительной коре заканчивается формирование основных типов нейронов, однако и после этого срока продолжается увеличение их размеров, длины апикальных дендритов пирамидных нейронов и дендритных полей звездчатых клеток, усложнение

фиброархитектоники. К концу дошкольного возраста существенно изменяются степень и характер участия лобных областей в зрительном восприятии. В ЗВП этих областей коры более выраженными становятся поздние компоненты ответа, в которых отражается реализация когнитивных операций: опознания, оценки значимости стимула (Feng J.J., Xu X., Wang W.P. et al., 2011).

Третий период развития зрительной системы завершается к 13-15 годам. Он характеризуется, в основном, формированием ЗВП на малые размеры ячеек шахматного поля, что свидетельствует о дозревании механизмов, обеспечивающих тонкий детальный анализ зрительного стимула. Постепенное снижение амплитуды поздних компонентов ЗВП вплоть до 13-14 лет связывают с продолжением миелинизации, сокращением количества синапсов и усилением активности нейронных сетей, возникающих под влиянием входящего потока зрительной информации (Campbell J., Sharma A., 2016).

В подростковом периоде в связи с нейроэндокринными сдвигами резко повышается активность структур промежуточного отдела мозга, отмечается снижение уровня корковой активации и регулирующих влияний коры больших полушарий на нижележащие структуры мозга. Эти изменения отрицательно сказываются на реализации механизмов зрительного восприятия. Несмотря на продолжающееся структурное созревание нейронного аппарата коры больших полушарий, у подростков не отмечается избирательного вовлечения корковых зон в анализ зрительной информации, наблюдаемого при необходимости выделения значимого стимула у 9-10 летних детей (Развитие мозга и формирование... , 2009).

В 16-17 лет системная организация зрительного восприятия становится близка к таковой у взрослого человека (Mahajan Y., McArthur G., 2012).

Таким образом, постепенность морфофункционального созревания различных областей коры больших полушарий определяет специфику зрительного восприятия на разных этапах онтогенеза. Это относится к созреванию, как отдельных областей, так и их функционального взаимодействия. Особая роль в формировании зрелого типа мозговой организации зрительного восприятия принадлежит созреванию лобных областей коры, что связано с развитием психической деятельности и абстрактного мышления.

1. 4. Движения глаз при фиксации и их роль в процессе зрения.

Двигательный аппарат глаз составляет неотъемлемую часть зрительной системы, естественным образом возникшую в процессе эволюции для обслуживания зрительных процессов.

Первые упоминания об исследованиях движений глаз встречаются уже в XVI-XVII веках. Первые эмпирические доказательства существования фиксационных движений глаз были получены английским врачом Робертом Уорингом Дарвином (отцом Чарльза Дарвина) при изучении послеобразов цветных изображений. В 1866 г. Герман фон Гельмгольц описал фиксационные движения глаз как «блуждание взора» и первым предположил, что функцией этого движения может быть препятствование выцветанию зрительного образа на сетчатке.

Установлено, что для нормальной работы зрительного анализатора необходимо постоянное движение изображения относительно сетчатки, так как при условии стабилизации изображения, его восприятие исчезает в течение 1-3 секунд, зрительный образ «выцветает» (Ярбус А.Л., 1965).

По мнению Ю.Б. Гиппенрейтер, главным фактором, определяющим движения глаз – их формы, способы, траектории, свойства – является решаемая субъектом задача. Таким образом, несмотря на существование большого количества глазодвигательных рефлексов и произвольных механизмов, движения глаз являются элементами целенаправленной

деятельности человека. Это позволяет рассматривать движения глаз как функциональную подсистему, участвующую в более сложных психических процессах – памяти, мышлении и др. Исследования движений глаз – их видов, механизмов, свойств, нарушений – являются важными научными направлениями в офтальмологии, нейрофизиологии, физиологии зрения и психологии восприятия (Гиппенрейтер Ю.Б., 1978).

Фиксации являются основной формой глазодвигательной активности, ведь именно во время фиксаций происходит прием зрительной информации. Вероятно, поэтому фиксационные движения глаз являются достаточно хорошо изученными.

Изучение нейрональных и перцептивных механизмов движений глаз при фиксации является чрезвычайно важным для понимания работы зрительной системы. Оценка характера фиксационных движений глаз может быть критичной для ранней и дифференциальной диагностики патологии глазодвигательной системы и улучшения существующих методов лечения. Многие заболевания зрительной системы включают глазодвигательный компонент, который зачастую остается без внимания врачей.

Например, установлено, что у детей с прогрессирующей близорукостью снижается частота микродвижений глаза при фиксации, что может приводить к снижению качества зрительного образа. Это в свою очередь способствует большему напряжению структур зрительной системы, что может отражаться в затруднении аккомодационной настройки, последующей дефокусировке изображения и запуске механизмов роста глазного яблока. Таким образом, структуры окуломоторной системы также оказываются вовлечены в процесс развития близорукости (Кошелев Д.И., 2009).

Для оценки функционального состояния глазодвигательного компонента зрительной системы наибольшее значение имеют исследования размеров области фиксации (ее точности) и состава

микродвижений глаза при фиксации. Данные показатели отражают согласованность взаимодействия сенсорного и моторного компонентов зрительной системы, и могут являться средством объективного мониторинга функционального состояния зрительного анализатора в процессе его развития. При изменении состояния зрительных функций происходит и изменение характера зрительно-моторной координации, что отражается в изменении ритмичности и состава микродвижений (Кошелев Д.И., 2016).

Коррекция неполноценных движений глаз может обеспечить новый путь к улучшению состояния пациентов с различной патологией зрительной системы (Martinez-Conde S., 2006). Зрительная депривация, как врожденная, так и приобретенная, может приводить к значительной нестабильности фиксационных движений, отражая тем самым несовершенную настройку глазодвигательной системы из-за нехватки зрительного опыта.

В настоящее время выделяют три основных типа движений глаз при фиксации: дрейф, тремор и микросаккады.

Тремор – аperiодическое волнообразное движение глаз. Тремор имеет по различным данным частоту 30-100 Гц, по более современным данным 70-103 Гц, и амплитуду 0,1-0,5 угловых минут (Bolger C., Wojanic S., Sheahan N.F. et al., 1999). Амплитуды примерно соответствуют диаметру колбочки в фовеа. Полагают, что тремор в общем случае независим для двух глаз, что накладывает физические ограничения на способность сетчатки совмещать соответствующие точки при бинокулярном зрении (Spauschus A., Marsden J., Halliday D.M. et al., 1999).

Дрейф возникает одновременно с тремором и представляет собой медленные движения глаза в промежутках между саккадами. Дрейф смещает изображение на сетчатке на 1-8 угл. мин. (диаметр ~12 фоторецепторов) при скорости до 30 угл. мин./с (Martinez-Conde S., 2006). Вероятно, дрейф – это случайные движения глаз, возникающие из-за

нестабильности глазодвигательной системы. Дрейф может играть компенсаторную роль в поддержании точной фиксации, когда микросаккады отсутствуют или их количество снижено.

Микросаккады – произвольные скачкообразные фиксационные движения глаз, возникающие 3-4 раза в секунду. Они смещают изображение на сетчатке на расстояние от нескольких дюжин до нескольких сотен фоторецепторов и имеют продолжительность около 25 мс (Martinez-Conde S., Macknik S.L., Hubel D.H., 2004). Критическое отличие микросаккад от регулярных саккад состоит в том, что микросаккады возникают произвольно, когда субъект пытается фиксировать взор (Hafed Z.M., Clark J.J., 2002; Engbert R., Kliegl R., 2004).

Микросаккады и произвольные саккады, вероятно, генерируются одними и теми же глазодвигательными механизмами, так как они сопровождаются схожей нейронной активностью. Произвольность микросаккад позволяет предположить, что они контролируются подкорковыми структурами (Moller F., Laursen M.L., Tygesen J. et al., 2002).

Нейронная активность, сопровождающая микросаккады, отмечается в латеральном коленчатом ядре, первичной зрительной коре и экстрастриарной коре. Ключевую роль в контроле саккад, фиксации взора и плавного слежения за объектами приписывают верхнему двухолмию (*superior colliculus*) расположенному в дорсальной части среднего мозга и имеющему послойную ретинопическую структуру. M. Rolfs и соавторы предполагают, что микросаккады возникают в роstralной части верхнего двухолмия (Rolfs M., Kliegl R., Engbert R., 2008; Rolfs M., Laubrock J., Kliegl R., 2006).

Предположительно, микросаккады в первую очередь вызывают активность на уровне фоторецепторов сетчатки при смещении наблюдаемого объекта в рецептивном поле. Нейрональный ответ, вызываемый микросаккадами в начальных звеньях зрительных проводящих путей является визуальным, а не двигательным по своей

природе. Нейроны возбуждаются только тогда, когда их рецептивные поля пересекаются видимым объектом. В отсутствии объекта аналогичные действия глазодвигательной системы не вызывают возбуждения нейронов. Микросаккады могут усиливать пространственную и временную сумму ответов, синхронизируя активность нейронов с соседствующими рецептивными полями (Martinez-Conde S., Macknik S.L., Hubel D.H., 2000; 2002)

Изначально предполагалось, что микросаккады возвращают глаза к точке фиксации, таким образом корректируя дрейф в промежутках между саккадами. Считается, что из трех типов фиксационных движений глаз, только микросаккады могут вносить существенный вклад в поддержание четкости зрительного образа на сетчатке.

S. Martinez-Conde с соавторами установили, что микросаккады препятствуют «выцветанию» зрительного образа на сетчатке. Также они показали, что бинокулярные микросаккады эффективнее, чем монокулярные (Martinez-Conde S., Macknik S.L., Troncoso X. et al., 2006).

Микросаккады могут быть более важны для периферического зрения, в то время как дрейф и тремор могут в большей мере поддерживать центральное зрение, когда микросаккады подавляются при выполнении специфических заданий. Рецептивные поля клеток на периферии поля зрения могут быть настолько велики, что только микросаккады, по сравнению с дрейфом и тремором, достаточно большие и быстрые, чтобы препятствовать выцветанию образа на сетчатке.

Микросаккады не являются единственными инструментами для фиксации взора и предотвращения выцветания образа на сетчатке, однако, они имеют ряд особенностей. Микросаккады создают переходы в потоке зрительной информации, которые генерируют координированный синхронный входящий сигнал, что важно для поддержания высокой остроты зрения, концентрации внимания и восприятия двойственных изображений. Движение зрительного образа по сетчатке может быть

достигнуто различными способами, однако, вероятно, именно микросаккады являются более удобным и гибким способом адаптации зрительной системы к различным задачам (Martinez-Conde S., 2006).

Микросаккады могут вносить вклад в восприятие целого класса зрительных иллюзий, возникновение которых зависит от точности фиксации (движение статичных изображений, решетка Германа). Многие зрительные иллюзии ослабевают, когда наблюдатель точно фиксирует свой взгляд, подавляя микросаккады. Что позволяет предположить, что микросаккады (частично или полностью) ответственны за возникновение иллюзорного восприятия.

В итоге все фиксационные движения глаз до некоторой степени могут участвовать в поддержании зрения, а их относительный вклад будет зависеть от конкретного задания и условий стимуляции. Поддерживая зрительный образ во время фиксации, микродвижения глаз могут вносить значительный вклад (до 80%) в формирование нашего зрительного опыта (Martinez-Conde S., Macknik S.L., Hubel D.H., 2004).

ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2. 1. Организация исследования

В исследовании приняли участие 46 школьников в возрасте от 7 до 14 лет. Во всех случаях предварительно было получено письменное добровольное информированное согласие родителей на участие их ребенка в исследовании (Приложение 1). Кроме того, родители параллельно с детьми отвечали на вопросы анкеты, относящиеся к образу жизни и зрительным нагрузкам их детей (Приложение 2).

Всем участникам исследования было предложено ответить на 6 вопросов, касающихся продолжительности ежедневного пользования компьютером и планшетом, либо смартфоном, предпочитаемых видов деятельности при использовании данных устройств, наличия жалоб на зрительное утомление.

Кроме того, нами были проанализированы показатели остроты зрения по кольцам Ландольта монокулярно (92 глаза) и бинокулярно, пять основных параметров ЗВП: латентности компонентов N_{75} , P_{100} и N_{145} , амплитуды комплексов $N_{75}-P_{100}$ и $P_{100}-N_{145}$ на шахматный паттерн с различным размером ячеек (240', 96', 48', 24', 12') монокулярно (92 глаза) и бинокулярно, а так же микродвижения глаза при монокулярной фиксации.

Испытуемые были разделены на группы по возрасту (7-10 лет – 24 человека; 11-14 лет – 22 человека), по субъективной оценке объема дисплейной зрительной нагрузки, включающей время, проведенное за компьютером и смартфоном/планшетом (объем нагрузки по двум вопросам анкеты оценен как «очень мало» и «мало» – от 0 до 4 часов – 30 человек; объем нагрузки по двум вопросам анкеты оценен как «достаточно много», «много» или «очень много» – 4-8 часов – 16 человек) и по наличию жалоб на зрительное утомление (нет жалоб – 13 человек; есть жалобы – 33 человека).

2. 2. Визометрия

Визометрия – метод определения остроты зрения (*visus*) при помощи специальных таблиц. Взаимосвязь между величиной рассматриваемого объекта и удаленностью его от глаза характеризует угол, под которым виден объект - угол зрения (рис. 2). Минимальный угол зрения, позволяющий различать две точки, характеризует остроту зрения исследуемого глаза. За нижнюю границу нормы принято считать остроту зрения, равную единице ($\text{visus} = 1,0$) – это обратная величина угла зрения в $1'$. Если этот угол будет больше (например, $5'$), то острота зрения уменьшается ($1/5 = 0,2$), а если он меньше (например, $0,5$), то острота зрения увеличивается ($\text{visus} = 2,0$) и т. д.

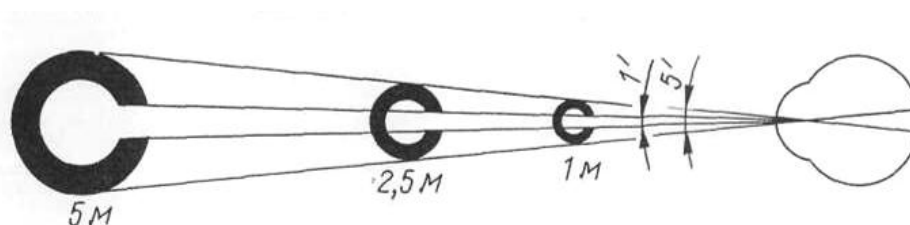


Рисунок 2. Предмет и его детали разной величины и удаленности от глаза образуют на сетчатке равные изображения, если они видны под одним углом зрения (Т.И. Ерошевский, А.П. Нестеров, А.А. Бочкарева и др., 2008).

Для исследования остроты зрения применяют таблицы, содержащие ряды специально подобранных знаков, которые называют опто типами. В качестве опто типов используют буквы, цифры, полосы, рисунки и т. п. Снеллен в 1862 г. предложил вычерчивать опто типы таким образом, чтобы весь знак был виден под углом зрения $5'$, а его детали — под углом $1'$. Под деталью знака понимается как толщина линий, составляющих опто тип, так и промежуток между этими линиями.

С целью исключить элемент угадывания буквы, сделать все знаки в таблице идентичными по узнаваемости и одинаково удобными для обследования грамотных и неграмотных людей разных национальностей

Ландольт предложил использовать в качестве опто типа незамкнутые кольца разной величины. С заданного расстояния весь опто тип также виден под углом зрения в $5'$, а толщина кольца, равная величине разрыва, под углом в $1'$. Обследуемый должен определить, с какой стороны кольца расположен разрыв.

В 1909 г. на XI Международном конгрессе офтальмологов кольца Ландольта были приняты в качестве интернационального опто типа. Они входят в большинство таблиц, применяющихся на практике. В России наиболее распространены таблицы Сивцева, в которые наряду с таблицей, составленной из колец Ландольта, входит таблица с буквенными опто типами (Шамшинова А.М., Волков В.В., 1999).

Каждая таблица состоит из нескольких (обычно 10—12) рядов опто типов. Размеры опто типов постепенно уменьшаются от первого ряда к последнему. Таблицы рассчитаны на исследование остроты зрения с расстояния 5 м. На этом расстоянии детали опто типов 10-го ряда видны под углом $1'$. Следовательно, острота зрения глаза, различающего опто типы этого ряда, будет равна единице. Если острота зрения иная, то определяют, в каком ряду таблицы обследуемый различает знаки. При этом остроту зрения высчитывают по формуле Снеллена: $\text{visus} = d/D$, где d — расстояние, с которого проводится исследование; D — расстояние, с которого нормальный глаз различает знаки этого ряда (проставлено в каждом ряду слева от опто типов).

Изменение величины опто типов выполнено в арифметической прогрессии так, что при исследовании с 5 м чтение каждой последующей строки сверху вниз свидетельствует об увеличении остроты зрения на одну десятую: верхняя строка — 0,1, вторая — 0,2 и т. д. до 10-й строки, которая соответствует единице. Острота зрения, соответствующая чтению данной строки с расстояния 5 м, проставлена в таблицах в конце каждого ряда, справа от опто типов.

В данном исследовании нами использовались специальные таблицы Ландольта, позволяющие измерять остроту зрения в интервале от 0,7 до 2,0. В качестве результата измерения учитывали строку со знаками наименьшего размера, которые испытуемый мог назвать безошибочно или с одной ошибкой.

2. 3. Общие принципы метода вызванных потенциалов (ВП)

Регистрация вызванных потенциалов (ВП) мозга является объективным и неинвазивным методом исследования функций ЦНС. Данный метод позволяет проанализировать состояние различных сенсорных систем, причем не только их периферических звеньев, но и центральных (Зенков Л.Р., Мельничук П.В., 1985).

Термин «вызванный потенциал» применяется для обозначения электрических изменений, возникающих в мозговых структурах при адекватном раздражении центрального или периферического отдела одного из анализаторов.

Метод вызванных потенциалов основан на выделении слабых изменений электрической активности мозга в ответ на стимул. Сигнал ВП имеет значительно меньшую амплитуду и более широкий частотный диапазон, чем другие биологические сигналы, поэтому мы не можем увидеть ВП в обычной записи ЭЭГ.

В генерации ВП принимают участие те же нейрональные структуры, которые обеспечивают спонтанную мозговую активность. Особый вклад в генерацию вносят локальные ВПСП и ТПСП (возбуждающие и тормозные постсинаптические потенциалы) коры и различных ядер мозга. Суммация локальных потенциалов дает основной ответ мозга при регистрации на скальпе. Меньший вклад в регистрацию ВП вносят собственно потенциалы действия.

Основным методом, используемым в настоящее время для выделения ВП, является метод синхронного накопления и усреднения (рис. 3).

Выделение ВП происходит за счет многократной подачи стимула и суммации каждого последующего ответа с предыдущими. В результате такого накопления сигнал ВП, закономерно связанный со стимулом, растет значительно быстрее, чем шум фоновой активности мозга, не связанный со стимулом и попадающий при суммации в случайную фазу. Кроме того, происходит не только сложение ответов, но и деление на число суммаций (усреднение). В результате, чем больше число накоплений, тем лучше выделение сигнала из шума.

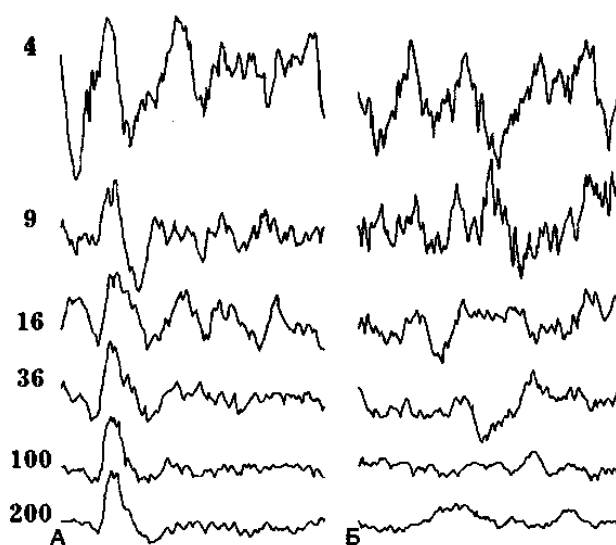


Рисунок 3. Иллюстрация принципа выделения ВП методом синхронного накопления и усреднения. А. Улучшение отношения сигнала ВП к шуму в процессе его выделения: показано при 4, 9, 16, 36, 100 и 200 усреднениях. Б. То же при усреднении шума (спонтанная ЭЭГ и немозговая активность) без подачи стимула. При увеличении числа усреднений происходит постепенное уменьшение амплитуды шума (Опыт применения вызванных потенциалов в клинической практике / под ред. В. В. Гнездицкого, А. М. Шамшиновой, 2001).

Для успешного выделения ВП должно соблюдаться несколько условий. Запись сигнала ВП должна начинаться синхронно с подачей стимула. Этим вызванные потенциалы отличаются от других колебаний электрической активности мозга и помех, закономерно не связанных со стимулом. Ответ должен возникать на каждый стимул и быть идентичен и повторяем при

повторной стимуляции. К сожалению, это условие не всегда выполняется, в особенности при патологии, когда генерация потенциала нарушена. Сигнал ВП должен быть статистически независим от спонтанной ритмики. Это условие также выполняется не всегда. В некоторых случаях ритмическая активность, например альфа-ритм, может частично синхронизироваться с предъявляемым стимулом и ухудшать выделение ответа, особенно поздних его составляющих (Опыт применения вызванных потенциалов... , 2001).

Главный недостаток метода синхронного накопления и усреднения — это необходимость подачи достаточно большого числа стимулов, что во многих случаях представляется нефизиологичным из-за наличия привыкания.

В настоящее время имеется достаточно много как зарубежных, так и отечественных компьютеризированных систем, дающих возможность проводить исследования по вызванным потенциалам различной модальности.

Общая блок-схема установки для выделения вызванных потенциалов представлена на рис. 4. Потенциалы, снимаемые электродами с поверхности головы, поступают в усилитель, который обеспечивает усиление входного сигнала до нужной величины в заданном диапазоне частот. Затем сигнал проходит через аналого-цифровой преобразователь (АЦП), который переводит аналоговую форму сигнала в цифровую, после чего он поступает в память компьютера и может быть просмотрен на экране дисплея или распечатан на принтере.



Рисунок 4. Общая блок-схема установки для выделения ВП (Опыт применения вызванных потенциалов... , 2001).

Для записи ВП наиболее часто используют металлические хлорсеребряные дисковые или чашечковые электроды, обеспечивающие хороший механический и электрический контакт с поверхностью головы. В качестве точек расположения электродов используются, в зависимости от вида исследуемого ВП, те или иные точки системы 10-20.

Артефактами называется любая активность немозговой природы, регистрируемая под электродами. Аппаратные артефакты связаны с усилителями, АЦП и прочими атрибутами выделения и записи ВП. Физические артефакты связаны с влиянием внешних электромагнитных полей, плохой установкой электродов, обрывом проводов или плохим контактом в гнезде электродной коробки, проверяются измерением перед записью входного импеданса для каждого канала усилителя. Желательно, чтобы он не превышал 10 кОм.

Так же затрудняют выделение сигнала все остальные источники физиологических потенциалов: электроокулограммы (ЭОГ), электромиограммы (ЭМГ), ЭКГ, сосудистые волны, связанные с изменением импеданса под электродом, кожно-гальваническая реакция (КГР), глоссокинетические потенциалы (ГСП), связанные с движением языка и др. Особую сложность выделения представляют сигналы, которые хотя бы частично связаны по фазе с подаваемым стимулом.

2. 4. Регистрация зрительных вызванных потенциалов (ЗВП) на реверсивный шахматный паттерн

ЗВП – простой, не инвазивный метод исследования, позволяющий получить объективную информацию о состоянии зрительного анализатора без словесного отчета испытуемого. ЗВП позволяет обнаружить наличие дисфункции зрительных проводящих путей, оценить тяжесть поражения зрительной системы и производить объективный мониторинг состояния пациентов, в том числе маленьких детей, для которых этот метод

обследования зачастую является единственным доступным средством оценки состояния зрительной системы (Taylor M.J., McCulloch D.L., 1992).

Неврологическая оценка зрительной системы значительно продвинулась, когда было открыто, что зрительные ответы, генерируемые структурированным стимулом, стабильнее по своей конфигурации, чем ответы на вспышку, и более точно отражают такие функции зрительной системы, как острота зрения, рефракция и др. (Walsh P., Kane N., Butler S., 2005).

Получить зрительные ответы мозга на структурированный стимул позволяет метод регистрации ЗВП на реверсивный шахматный паттерн. ЗВП дает исследователю объективную информацию о состоянии зрительного нерва и наличии демиелинизации, позволяет объективно оценить остроту зрения, тестировать состояние зрительного тракта и коры, дифференцировать функциональные и органические нарушения и наблюдать за состоянием зрительной системы в динамике.

Уже давно было отмечено, что оптимальным стимулом для зрительной системы являются регулярно чередующиеся полосы – «пространственные решетки». Их основной характеристикой, помимо типа и контраста является «пространственная частота» – количество чередований контраста, приходящееся на 1°. Это позволило рассматривать нейроны зрительной коры, как параллельно функционирующие «фильтры», каналы, избирательно настроенные не только на различную ориентацию стимула, но и его пространственную частоту.

Условия стимуляции при проведении паттерн-ЗВП:

- использование реверсивного шахматного паттерна с высоким контрастом черных и белых клеток;
- бинокулярная или монокулярная стимуляции полного поля зрения или его части с фиксацией взгляда на центральной точке;
- частота реверсии шахматного паттерна 1-2 Гц;

– размер ячейки паттерна выбирается в соответствии с целями исследования и зрительными возможностями испытуемого, измеряется углом зрения. Угловые единицы— градусы и минуты. Угол вычисляется как: $b = \arctan(r/d)$, где r — размер ячейки в мм, d — расстояние от глаза до экрана в мм. Экран обычно располагают на расстоянии 1.5-2 м.

Яркость и контрастность должны быть постоянными во время исследования. Если испытуемый носит очки или линзы, их необходимо использовать во время обследования, для отчетливого восприятия паттерна и получения максимальной амплитуды ответа (Гнездицкий В.В., Корепина О.С., 2011).

Размер ячейки выбирается в соответствии с задачей исследования. Маленькие ячейки 12-16' избирательно стимулируют центральное зрение. Эти ответы особенно чувствительны к расфокусировке и снижению остроты зрения (Mezer E., Bahir Y., Leibu R. et al., 2004). Большие ячейки (от 60' и более) в большей степени производят стимуляцию парацентрального зрения. Эти ответы менее чувствительны к расфокусировке и снижению остроты зрения.

N_{75} — первый небольшой компонент ЗВП на реверсивный паттерн, является потенциалом первичной проекционной зрительной коры. P_{100} — самый большой по амплитуде и наиболее воспроизводимый компонент ЗВП. Генерируется в 17-18 полях Бродмана коры больших полушарий. N_{145} – генерируется ассоциативной областью зрительного анализатора – полями 18 и 19 (Di Russo F., Pitzalis S., Spitoni g. et al., 2005).

Имеется много факторов, влияющих на параметры ЗВП: возраст (Snyder E.W., Dustman R.E., Shearer D.E., 1981), пол (Dion L.A., Muckle G., Bastein C. et al., 2013; Emmerson-Hanover R., Shearer D.E., Creel D.J. et al., 1994), размер ячеек паттерна (Kothari R., Singh R., Singh S. et al., 2014), обхват головы (Gregori B., Pro S., Bombelli F. et al., 2006; Kothari R., Singh R., Singh S. et al., 2012), правильное размещение электродов и фиксация взгляда (Hoshiyama M., Kakigi R., 2001), яркость, контраст, и др. При

равных условиях параметры латентности имеют меньшую вариабельность, чем амплитудные показатели.

Мы регистрировали ЗВП на реверсивный шахматный паттерн у 46 школьников с остротой зрения не ниже 1,0 (допускалось использование оптической коррекции при необходимости).

Регистрация ЗВП осуществлялась при помощи 4-канального электронейромиографа «Нейро-МВП-4» производства компании «Нейрософт» и соответствующего программного обеспечения.

Электроды для записи ЗВП устанавливались по международной системе 10-20 на точки Oz (активный электрод), Cz (референтный) и Frz (заземляющий) (Odom J.V., Bach M., Brigell M. et al., 2010). Импеданс под электродами не превышал 5 кОм.

Производилась бинокулярная и монокулярная запись ЗВП на паттерны с различным размером ячеек – 12, 24, 48, 96 и 240 угловых минут, – для того, чтобы оценить степень активности пространственно-частотных каналов зрительной системы. Были проанализированы значения амплитуды и латентности компонентов ЗВП N_{75} , P_{100} и N_{145} .

2. 5. Регистрация движений глаза при фиксации

Описывая методы регистрации движений глаз, можно выделить две их основных группы:

1) контактные, т. е. связанные с установкой регистрирующих датчиков непосредственно на роговицу глаза или вокруг него (электроокулография, фотооптический и электромагнитный методы);

2) бесконтактные (фотоэлектрический, кино- и видеорегистрация) (Барабанщиков В.А., Жегалло А.В., 2010, эл. ресурс).

Нами применялся метод видеорегистрации с использованием микропериметра MP-1 (Nidek Technologies, Италия), позволяющего фиксировать положение глазного яблока относительно заданной точки фиксации с точностью 6 угловых минут и временным разрешением 25 Гц.

От испытуемого требовалось монокулярно фиксировать изображение креста с угловым размером 1 градус в течение 30 секунд. Таким образом, за 30 секунд исследования, фиксировалось около 750 положений глаза, крайние из которых определяли границы области фиксации. Запись проводилась в трех повторностях для каждого глаза, для анализа выбиралась лучшая запись, не содержащая или содержащая наименьшее количество артефактов. Впоследствии, артефакты при необходимости вручную вычитались из записи, а соответствующие параметры движений глаза корректировались.

Для анализа глазодвигательной активности были использованы показатели размера области фиксации и средней скорости движения глаза во время тестирования. Кроме того, по 5-балльной шкале была оценена выраженность микродвижений во время тестирования. Во всех случаях большей выраженности признака соответствовал больший балл.

Оценки выставлялись по следующей шкале:

- 1 балл – микродвижения единичные или отсутствуют;
- 2 балла – микродвижения занимают 20-40% записи;
- 3 балла – микродвижения занимают 40-60% записи;
- 4 балла – микродвижения занимают 60-80% записи;
- 5 баллов – микродвижения занимают более 80% записи.

2.6. Статистические методы анализа результатов

Результаты анкетирования были проанализированы с использованием χ^2 -критерия углового преобразования Фишера, оценивающего статистическую значимость различий между процентными долями двух выборок по частоте встречаемости определенного эффекта.

Для обработки данных функциональных исследований применялись стандартные описательные статистики, критерий Манна-Уитни и критерий Уилкоксона, так как для большинства переменных данные имели распределение, отличное от нормального

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3. 1. Объем и структура дисплейной зрительной нагрузки по данным параллельного анкетирования детей и их родителей.

Результаты анкетирования показали, что школьники среднего звена обучения по сравнению со школьниками начального звена, чаще отвечали, что проводят за компьютером и планшетом/смартфоном более 1 часа в день ($p < 0,001$). Вероятно, такой эффект обусловлен более жестким контролем над школьниками начального звена обучения со стороны родителей, многие из которых стараются строго ограничивать время, проводимое ребенком за дисплейными устройствами.

При анализе структуры зрительной нагрузки, было выявлено, что школьники среднего звена обучения чаще, чем дети младшего школьного возраста, утверждали, что при пользовании компьютером ($p = 0,036$) и планшетом/смартфоном ($p = 0,008$) предпочитают общение в интернете и социальных сетях другим видам активности, таким как просмотр кино, мультфильмов, видеоигры, поиск необходимой информации для учебы. В то же время, опрос детей младшей возрастной группы показал, что из всех возможных видов активности при использовании планшетов и смартфонов они предпочитают видеоигры ($p = 0,049$). Подобный результат, вероятнее всего, обусловлен более высокой потребностью в общении и выраженным стремлением к социализации у подростков, в то время как для младших школьников игра по-прежнему остается одним из основных способов взаимодействия с окружающим, в том числе и виртуальным, миром.

При сопоставлении результатов параллельного опроса детей и родителей, обнаружены различия в оценке продолжительности ежедневного использования мобильных устройств. Так, родители школьников начального звена обучения склонны считать, что их дети проводят за использованием планшетом или смартфоном более 1 часа в день ($p = 0,039$), однако, большинство детей считают, что это время не превышает 1 часа. Родители

детей среднего звена обучения чаще ($p=0,038$) называют наиболее предпочтительным для своего ребенка видом деятельности при пользовании смартфоном или планшетом видеоигры, в то время как сами дети ставят на первое место общение в социальных сетях.

При анализе жалоб на зрительное утомление выяснилось, что школьники, как начального, так и среднего звена обучения, чаще ($p=0,007$ и $p=0,02$, соответственно), чем их родители, отмечали периодическое наличие зрительного утомления.

Анализ симптомов зрительного утомления показал, что 78% школьников начального и 70% школьников среднего звена обучения отмечали у себя один или несколько симптомов зрительного утомления. Параллельное анкетирование родителей показало, что симптомы астенопии отмечали у своих детей, соответственно, 65% и 60% респондентов. В группе школьников начального звена обучения преобладали жалобы на покраснение глаз, жжение, сухость, боль и напряжение в глазах. В группе школьников среднего звена обучения наиболее часто среди предложенных симптомов были отмечены покраснение и боль в глазах, нечеткость зрения вдаль. Высокий процент жалоб на зрительное утомление свидетельствует о необходимости организации ранней профилактики нарушений зрения у школьников, так как зачастую обращение к врачу происходит уже в тот момент, когда зрительное утомление переходит в устойчивое снижение остроты зрения.

Таким образом, проведенное исследование показало, что существуют статистически значимые различия в оценке школьниками начального и среднего звена обучения своего объема дисплейной зрительной нагрузки.

Различия выявлены и при анализе структуры дисплейной зрительной нагрузки: школьники начального звена обучения чаще отдают предпочтение видеоиграм, в то время как старшие дети больше времени проводят в интернете и социальных сетях.

При сравнении результатов параллельного анкетирования, обнаружено, что родители склонны более высоко оценивать время ежедневного

пользования планшетом или смартфоном. Это может быть обусловлено, с одной стороны, как преувеличением родителями негативного влияния мобильных устройств на детей, так и недооценкой детьми своей зависимости от планшетов и смартфонов, использование которых для многих из них является неотъемлемой частью повседневной жизни.

Кроме того, исследование показало, что дети обеих возрастных групп и их родители по-разному оценивают наличие зрительного утомления. Вероятно, тот факт, что родители далеко не всегда замечают жалобы детей на зрительное утомление, может быть обусловлен нежеланием ребенка акцентировать внимание родителей на своих симптомах из-за страха перед запретом на пользование дисплейными устройствами. Либо, с другой стороны, это может объясняться недостаточным вниманием родителей к подобным жалобам, как к чему-то незначительному и не требующему от них какого-либо вмешательства. Личные беседы с родителями показали, что во многих случаях в отсутствие у ребенка систематических жалоб на ухудшение зрения, они не считают необходимым профилактическое посещение офтальмолога.

Проблема все возрастающего уровня зрительных нагрузок, в особенности обусловленных взаимодействием с дисплейными устройствами, особенно актуальна для нынешнего поколения школьников, которое является «цифровым от рождения», что требует дополнительных психофизиологических исследований в данной области.

3. 2. Оценка функциональных показателей зрительной системы.

Ввиду большого количества анализируемых функциональных показателей (40 переменных, которые можно разделить на несколько типов – острота зрения, латентность компонентов ЗВП N_{75} , P_{100} , N_{145} и амплитуда комплексов $N_{75}-P_{100}$, $P_{100}-N_{145}$ на паттерн с различным размером ячеек, и показатели, характеризующие микродвижения глаза при фиксации), в работе приведены диаграммы только для тех случаев, когда между группами испытуемых согласно критерию Манна-Уитни имелись значимые различия.

Для каждого типа переменных проводилось сравнение в группах:

1. по возрасту испытуемых – 7-10 лет (N=24) и 11-14 лет (N=22);
2. по субъективной оценке испытуемыми ежедневной продолжительности использования дисплейных устройств (компьютеров, смартфонов, планшетов) – малая продолжительность (0-4 часа; N=30) и большая (4-8 часов, N=16);
3. по наличию или отсутствию у испытуемых жалоб на зрительное утомление – жалобы отсутствуют (N=13), жалобы имеются (N=33).

3.2.1. Острота зрения

Острота зрения (*visus*) напрямую связана с качеством жизни и социальной адаптацией человека, и является одной из наиболее значимых характеристик в оценке функционального состояния зрительной системы.

При использовании критерия Манна-Уитни нами не было обнаружено значимых различий при сравнении бинокулярной и монокулярной остроты зрения ни в группах испытуемых, различающихся по возрасту, ни по продолжительности использования дисплейных устройств, ни по наличию жалоб на зрительное утомление.

При использовании критерия Уилкоксона во всех случаях обнаружен значимый сдвиг ($p < 0,005$) в сторону увеличения бинокулярной остроты зрения (*Vis OU*) по сравнению с монокулярной (*Vis OD / Vis OS*). Данный факт имеет естественное объяснение, а именно, в случае отсутствия у человека нарушений межочулярного взаимодействия, в норме носящего характер усиления, острота зрения при бинокулярной стимуляции всегда выше, чем при монокулярной.

Ввиду отсутствия значимых различий между группами испытуемых выборка является достаточно однородной по остроте зрения и может рассматриваться как целое (табл.1). Так, для всей выборки (N=46) бинокулярная острота зрения составила $1,56 \pm 0,31$ ($M \pm Sd$), острота зрения правого глаза (*OD*) составила $1,37 \pm 0,27$, левого (*OS*) – $1,33 \pm 0,26$. Все три

показателя имели примерно равный коэффициент вариации – от 19,37 до 19,75.

Таблица 1.

Параметры распределения значений остроты зрения по кольцам Ландольта в общей выборке, (N=46).

Переменная	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Нижний квартиль	Верхний квартиль	Размах	Станд. отклонение	Кoeff. вариации	Станд. ошибка среднего
Vis OU	1,56	1,65	1,0	2,0	1,3	1,8	1,0	0,31	19,75	0,05
Vis OD	1,37	1,40	1,0	1,9	1,1	1,6	0,9	0,27	19,37	0,04
Vis OS	1,33	1,40	1,0	1,9	1,1	1,5	0,9	0,26	19,74	0,04

Следует отметить, что стандартный офтальмологический осмотр не предусматривает измерение остроты зрения выше 1,0, принятой за нижнюю границу клинической нормы. Таким образом, если ребенок имеет остроту зрения, например: 1,5, то на начальном этапе развития патологических изменений в зрительной системе он может потерять 1/3 своей остроты зрения прежде, чем это будет замечено врачом офтальмологом, и будет начато лечение, что является объективным недостатком существующей системы оценки остроты зрения.

3. 2. 2. Амплитудно-временные характеристики зрительных вызванных потенциалов (ЗВП) на реверсивный шахматный паттерн

Латентность компонента N₇₅ (табл.2) характеризует скорость проведения информации по волокнам зрительных проводящих путей до проекционной коры.

С уменьшением размера ячеек стимулирующего паттерна среднее значение этого показателя в общей выборке растет – от 70,66±3,01 для правого глаза и 71,05±4,21 для левого глаза при размере ячеек 240' до 81,84±3,2 для

правого глаза и $82,56 \pm 3,08$ для левого глаза при размере ячеек 12'. Та же закономерность наблюдается и в группах.

Таблица 2.

Параметры распределения значений латентности компонента N_{75} в общей выборке, (N=46).

Переменная	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Нижний квартиль	Верхний квартиль	Размах	Станд. отклонение	Коэфф. вариации	Станд. ошибка среднего
OD-240'*	70,66	70,0	61,6	76,6	68,4	73,4	15,0	3,01	4,25	0,44
OD-96'	71,86	71,6	66,6	84,0	70,0	73,4	17,4	3,07	4,27	0,45
OD-48'	74,36	73,4	68,4	86,6	71,6	75,0	18,2	3,58	4,82	0,53
OD-24'	77,49	76,6	71,6	85,0	75,0	80,0	13,4	3,25	4,19	0,48
OD-12'	81,84	81,6	75,0	90,0	80,0	83,4	15,0	3,20	3,91	0,47
OS-240'	71,05	71,6	56,6	80,0	68,4	73,4	23,4	4,21	5,92	0,62
OS-96'	72,17	71,6	65,0	81,6	70,0	73,4	16,6	3,43	4,75	0,51
OS-48'	74,21	74,2	63,4	80,0	73,4	76,6	16,6	3,18	4,28	0,47
OS-24'	77,95	78,4	66,6	86,0	76,6	80,0	19,4	3,38	4,33	0,50
OS-12'	82,56	83,4	73,4	86,6	81,6	85,0	13,2	3,08	3,73	0,45

*Примечание. Здесь и далее: 240', 96' – стимуляция всего поля зрения паттерном с крупным размером ячеек, 48' – паттерном со средним размером ячеек, 24', 12' – паттерном с мелким размером ячеек.

Это является адекватной реакцией на изменение пространственной частоты стимула, так как крупные клетки с аксонами большего диаметра, относящиеся к магноцеллюлярной системе, преимущественно реагируют на стимулы с низкой пространственной частотой и проводят информацию чуть быстрее, тогда как мелкие клетки фовеальной части сетчатки, относящиеся к парвоцеллюлярной системе, активно включаются в передачу информации о стимулах с высокой пространственной частотой и передают информацию чуть медленнее из-за меньшего диаметра аксонов. Низкий коэффициент вариации при любом размере ячеек паттерна (от 3,73 до 5,92) свидетельствует о высокой устойчивости признака.

При сравнении показателей латентности компонента N_{75} на паттерны различной пространственной частоты с помощью критерия Манна-Уитни не выявлено статистически значимых различий ни в группах испытуемых, различающихся по возрасту, ни по продолжительности использования дисплейных устройств, ни по наличию жалоб на зрительное утомление, что согласуется с данными наших предыдущих исследований (Вахмянина А.А., 2015). По всей видимости, это можно объяснить завершением миелинизации зрительных проводящих путей еще в дошкольном возрасте (Зуева М.В., 2012б).

Латентность компонента P_{100} (табл.3) характеризует протекание процессов, связанных с первичным анализом физических характеристик зрительного стимула. Для этого параметра так же характерен достаточно низкий коэффициент вариации (от 3,27 до 5,33), но зависимость латентности от размера ячеек стимулирующего паттерна соблюдается менее строго.

Таблица 3.

Параметры распределения значений латентности компонента P_{100} в общей выборке, ($N=46$).

Переменная	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Нижний квартиль	Верхний квартиль	Размах	Станд. отклонение	Коефф. вариации	Станд. ошибка среднего
OD-240'	103,39	103	96,6	112	100	107	15,4	3,89	3,77	0,57
OD-96'	102,48	102	95,0	118	100	105	23,0	4,63	4,52	0,68
OD-48'	102,92	102	96,6	110	100	105	13,4	3,49	3,39	0,51
OD-24'	103,70	103	95,0	113	102	107	18,0	4,09	3,95	0,60
OD-12'	109,65	110	98,4	123	107	112	24,6	5,52	5,03	0,81
OS-240'	103,20	103	91,6	112	100	107	20,4	4,60	4,46	0,68
OS-96'	101,75	102	95,0	110	100	103	15,0	3,32	3,27	0,49
OS-48'	102,59	102	95,0	113	102	103	18,0	3,55	3,46	0,52
OS-24'	105,20	105	96,6	117	102	110	20,4	4,95	4,71	0,73
OS-12'	110,20	110	100,0	125	107	115	25,0	5,87	5,33	0,87

Латентность компонента N_{145} (табл. 4) характеризует более глубокую и детальную обработку зрительной информации, создание перцептивной модели наблюдаемого объекта. Коэффициент вариации продолжает оставаться достаточно низким (от 6,13 до 9,83), но все-таки он выше, чем для латентности компонентов N_{75} и P_{100} , что естественно, так как поздние этапы обработки зрительной информации, включающие когнитивные операции, могут иметь большие межиндивидуальные различия.

Таблица 4.

Параметры распределения значений латентности компонента N_{145} в общей выборке, (N=46).

Переменная	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Нижний квартиль	Верхний квартиль	Размах	Станд. отклонение	Коэфф. вариации	Станд. ошибка среднего
OD-240'	157,26	158	127,0	190,0	150,0	162,0	63,0	10,74	6,83	1,58
OD-96'	155,98	152	127,0	203,0	147,0	167,0	76,0	15,34	9,83	2,26
OD-48'	150,67	148	128,0	187,0	142,0	160,0	59,0	13,24	8,79	1,95
OD-24'	148,72	148	133,0	172,0	142,0	153,0	39,0	9,34	6,28	1,38
OD-12'	159,65	160	133,0	187,0	152,0	165,0	54,0	11,53	7,22	1,70
OS-240'	156,28	153	132,0	178,0	150,0	162,0	46,0	10,49	6,71	1,55
OS-96'	155,48	154	128,0	193,0	147,0	162,0	65,0	13,83	8,89	2,04
OS-48'	152,63	153	130,0	182,0	145,0	160,0	52,0	11,72	7,68	1,73
OS-24'	150,13	148	130,0	195,0	143,0	155,0	65,0	11,92	7,94	1,76
OS-12'	158,35	159	135,0	180,0	152,0	165,0	45,0	9,71	6,13	1,43

Амплитуда комплекса N_{75} - P_{100} (табл. 5) является отражением суммарного количества нейронов, вовлеченных в проведение зрительной информации. Очень высокий коэффициент вариации при любом размере ячеек паттерна (от 47,04 до 58,95) свидетельствует о крайней индивидуальной вариабельности признака. Адекватной реакцией на изменение размера ячеек стимулирующего паттерна является увеличение амплитуды ответов при уменьшении размера ячеек, но эта закономерность в

данном случае не соблюдается. Вероятно, причина в том, что еще не у всех детей высокочастотные зрительные каналы достигли функциональной зрелости.

Таблица 5.

Параметры распределения значений амплитуды комплекса $N_{75}-P_{100}$ в общей выборке, (N=46).

Переменная	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Нижний квартиль	Верхний квартиль	Размах	Станд. отклонение	Коефф. вариации	Станд. ошибка среднего
OD-240'	17,71	15,45	8,5	56,0	13,3	19,0	47,5	8,33	47,04	1,23
OD-96'	19,65	17,05	9,3	65,0	12,5	21,9	55,7	10,17	51,74	1,50
OD-48'	20,57	17,90	8,8	66,4	14,6	24,1	57,6	10,31	50,13	1,52
OD-24'	19,55	16,65	4,1	56,5	11,9	25,3	52,4	10,16	51,97	1,50
OD-12'	19,24	16,15	6,0	55,3	12,2	23,1	49,3	10,42	54,17	1,54
OS-240'	18,51	15,95	7,5	60,0	12,3	19,7	52,5	10,91	58,95	1,61
OS-96'	19,14	17,15	7,0	64,3	13,5	21,8	57,3	9,39	49,04	1,38
OS-48'	18,92	17,00	5,6	67,1	12,1	21,8	61,5	10,36	54,76	1,53
OS-24'	19,31	16,10	4,5	65,0	12,6	26,9	60,5	11,04	57,18	1,63
OS-12'	18,50	15,65	6,3	55,9	11,2	21,2	49,6	10,00	54,02	1,47

Амплитуда комплекса $P_{100}-N_{145}$ (табл. 6) отражает суммарное количество нейронов зрительной коры, вовлеченных в обработку поступающей информации. Коэффициент вариации здесь также очень высок (от 40,75 до 44,09).

Предполагается, что причиной столь высокой индивидуальной вариации амплитудных показателей зрительных вызванных потенциалов у нормально развивающихся детей служат как наследственные, так и внешние, средовые факторы. Для лучшего понимания процессов созревания зрительной системы представляется важным изучение не только возрастных различий ЗВП, но и их морфологии и топографии в головном мозге (Campbell J., Sharma A., 2016).

Таблица 6.

Параметры распределения значений амплитуды комплекса P₁₀₀-N₁₄₅ в общей выборке, (N=46).

Переменная	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Нижний квартиль	Верхний квартиль	Размах	Станд. отклонение	Кэфф. вариации	Станд. ошибка среднего
OD-240'	23,07	22,30	6,2	58,7	17,7	25,2	52,5	9,40	40,75	1,39
OD-96'	23,77	21,55	10,5	63,0	17,0	28,0	52,5	9,90	41,64	1,46
OD-48'	21,07	20,10	7,4	49,9	14,0	26,1	42,5	9,24	43,87	1,36
OD-24'	20,99	17,80	8,3	48,2	13,9	26,1	39,9	9,25	44,09	1,36
OD-12'	21,03	18,55	7,2	42,5	15,2	26,6	35,3	8,77	41,70	1,29
OS-240'	22,53	21,20	7,5	58,0	16,7	26,2	50,5	9,81	43,54	1,45
OS-96'	22,73	21,20	8,6	62,7	16,9	28,3	54,1	9,61	42,29	1,42
OS-48'	20,36	19,05	8,6	55,1	14,5	23,6	46,5	8,82	43,34	1,30
OS-24'	18,98	16,95	5,5	36,1	12,8	25,0	30,6	8,36	44,05	1,23
OS-12'	20,02	18,80	7,3	40,3	13,9	25,8	33,0	8,53	42,62	1,26

3. 2. 3. Характеристики движений глаза при фиксации

Для оценки движений глаза при фиксации использовались показатели размера области фиксации по горизонтальной (X) и вертикальной (Y) оси в градусах, средней скорости движения глаза (градус/с). Кроме того производилась субъективная оценка количества микродвижений по пятибалльной шкале.

Все средние значения размеров области фиксации по горизонтальной и вертикальной оси не превышали клиническую норму (2°), что свидетельствует о наличии у испытуемых устойчивой центральной фиксации.

Средняя оценка количества микродвижений составила $2,74 \pm 1,12$ балла для правого глаза и $2,43 \pm 0,98$ для левого глаза (табл. 7). Следовательно, в среднем микродвижения занимали 30-50% продолжительности фиксации.

Таблица 7.

Параметры распределения значений размера области фиксации по осям X и Y и средней скорости движения глаза в общей выборке, (N=46).

Переменная	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Нижний квартиль	Верхний квартиль	Размах	Станд. отклонение	Коэфф. вариации	Станд. ошибка среднего
Размер области фиксации по оси X (OD), градусы	1,51	1,28	0,4	4,7	0,9	1,8	4,3	0,88	58,4	0,13
Размер области фиксации по оси Y (OD), градусы	1,20	1,07	0,5	5,7	0,7	1,5	5,2	0,84	69,9	0,12
Размер области фиксации по оси X (OS), градусы	1,34	1,31	0,3	3,4	1,0	1,6	3,0	0,56	41,9	0,08
Размер области фиксации по оси Y (OS), градусы	1,16	0,97	0,3	4,2	0,7	1,3	3,8	0,73	62,7	0,11
Средняя скорость движения глаза при фиксации (OD), градусы/с	1,56	1,50	0,8	2,7	1,3	1,8	2,0	0,43	27,6	0,06
Средняя скорость движения глаза при фиксации (OS), градусы/с	1,43	1,40	0,8	2,4	1,1	1,7	1,6	0,37	25,8	0,05
Количество микродвижений (OD), баллы	2,74	3,00	1,0	5,0	2,0	3,0	4,0	1,12	41,0	0,17
Количество микродвижений (OS), баллы	2,43	2,00	1,0	5,0	2,0	3,0	4,0	0,98	40,2	0,14

3. 2. 4. Результаты сравнения испытуемых в группах.

3. 2. 4. 1. Сравнение групп, различающихся по возрасту.

При рассмотрении выборки как двух отдельных возрастных групп с помощью критерия Манна-Уитни нами не выявлено статистически значимых различий между амплитудно-временными показателями ЗВП у детей 7-10 и 11-14 лет, что дает нам возможность по данным показателям рассматривать выборку как целое.

При попарном сравнении латентности компонента P_{100} для правого и левого глаза с помощью критерия Уилкоксона обнаружен значимый сдвиг в сторону увеличения латентности компонента P_{100} для левого глаза при стимуляции паттерном с размером ячеек $24'$ ($p=0,002$). Это свидетельствует о некотором замедлении первичной обработки зрительного сигнала, поступающего от левого глаза при подаче стимула с высокой пространственной частотой.

При попарном сравнении амплитуды комплекса $N_{75}-P_{100}$ для правого и левого глаза с помощью критерия Уилкоксона обнаружен значимый сдвиг в сторону уменьшения амплитуды комплекса для левого глаза при стимуляции паттерном с размером ячеек $48'$ ($p=0,004$).

При попарном сравнении амплитуды комплекса $P_{100}-N_{145}$ для правого и левого глаза с помощью критерия Уилкоксона обнаружен значимый сдвиг в сторону уменьшения амплитуды комплекса для левого глаза при стимуляции паттерном с размером ячеек $24'$ ($p=0,03$) и $12'$ ($p=0,04$).

Снижение амплитуды комплексов $N_{75}-P_{100}$ и $P_{100}-N_{145}$ отражает снижение суммарного количества нейронов, вовлеченных в проведение и раннюю обработку зрительной информации.

Следует отметить, что данные различия между правым и левым глазом выявлены при использовании стимулов средней и высокой пространственной частоты. Они обрабатываются преимущественно парвоцеллюлярной системой, которая позже созревает в процессе онтогенеза.

Исходя из этих данных, можно говорить о наличии в общей выборке испытуемых функциональной асимметрии с доминированием центрального зрения правого глаза, так как левый глаз демонстрирует некоторое отставание в скорости первичной обработки зрительной информации и меньшую нейронную активность в ответ на зрительную стимуляцию.

При анализе показателей движений глаза при фиксации с помощью критерия Манна-Уитни обнаружено (рис. 5), что дети в возрасте 11-14 лет

имеют достоверно меньший размер области фиксации по оси Y как для правого, так и для левого глаза ($p=0,01$ и $p=0,005$, соответственно).

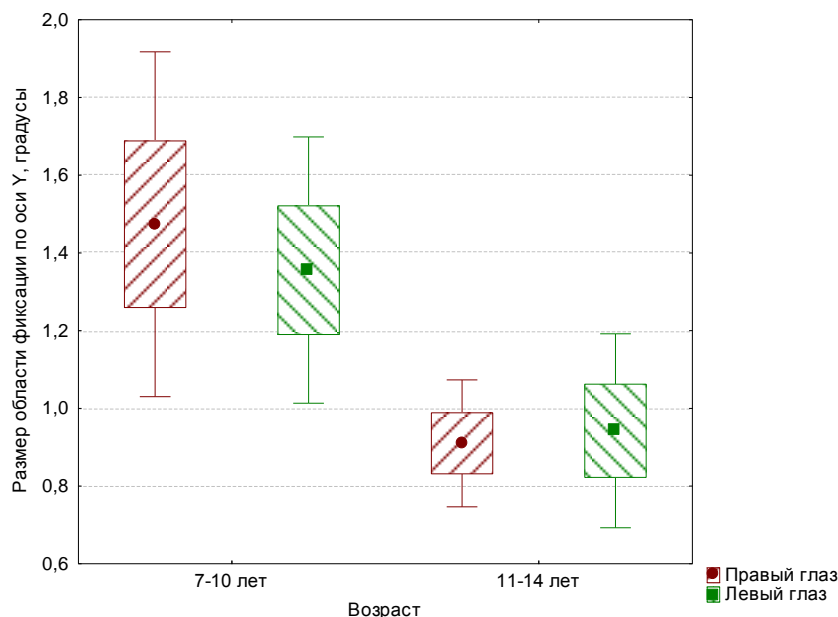


Рисунок 5. Размер области фиксации по оси Y для правого и левого глаза в группах детей 7-10 и 11-14 лет.

Это согласуется с тем, что в процессе развития центрального зрения и увеличения его роли в зрительном восприятии растет и точность фиксации. Интересным является тот факт, что такое изменение размера области фиксации отмечено только в вертикальном направлении. Возможно, это связано с тем, что наиболее распространенным видом работы, связанным с нагрузкой на центральное зрение, является чтение, когда глаз двигается преимущественно по горизонтали.

3. 2. 4. 2. Сравнение групп испытуемых, различающихся по субъективной оценке ежедневной продолжительности использования дисплейных устройств.

При рассмотрении двух групп испытуемых, различающихся по субъективной оценке ежедневной продолжительности использования

дисплейных устройств, нами были обнаружены статистически значимые различия (рис. 6, 7).

Так, при использовании критерия Манна-Уитни установлено, что для детей с малой продолжительностью ежедневного использования дисплейных устройств характерны более высокие значения амплитуды комплекса $N_{75}-P_{100}$ для правого и левого глаза при размере ячеек стимулирующего паттерна 240' ($p=0,02$ и $p=0,003$, соответственно) и для левого глаза при размере ячеек стимулирующего паттерна 96' ($p=0,03$). Так же для данной группы были характерны и более высокие значения амплитуды комплекса $P_{100}-N_{145}$ при стимуляции паттерном с размером ячеек 240', 96' и 48' как для правого, так и для левого глаза ($p=0,01$ во всех случаях).

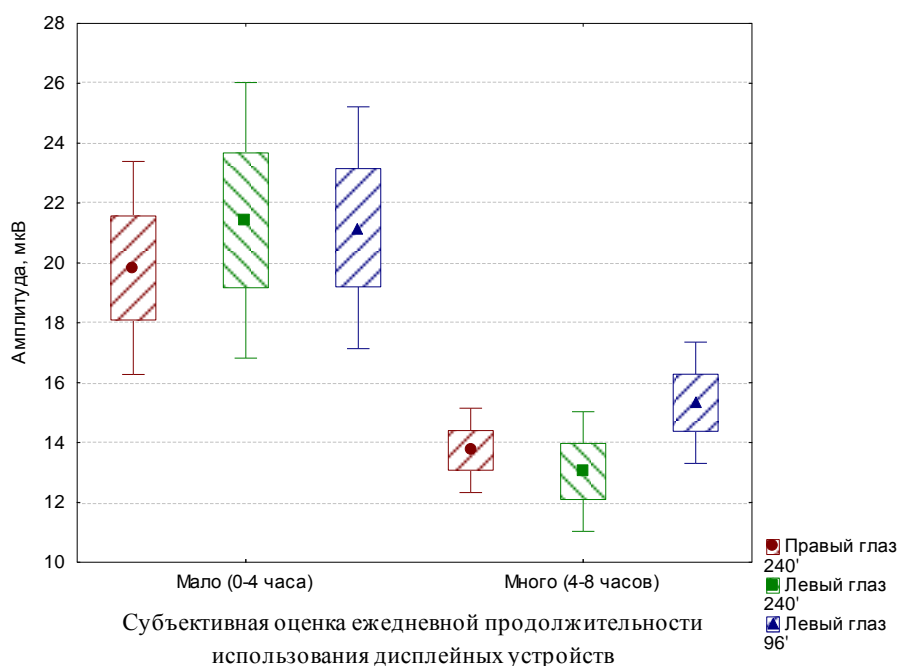


Рисунок 6. Амплитуда комплекса $N_{75}-P_{100}$ у детей с различной субъективной оценкой продолжительности ежедневного использования дисплейных устройств.

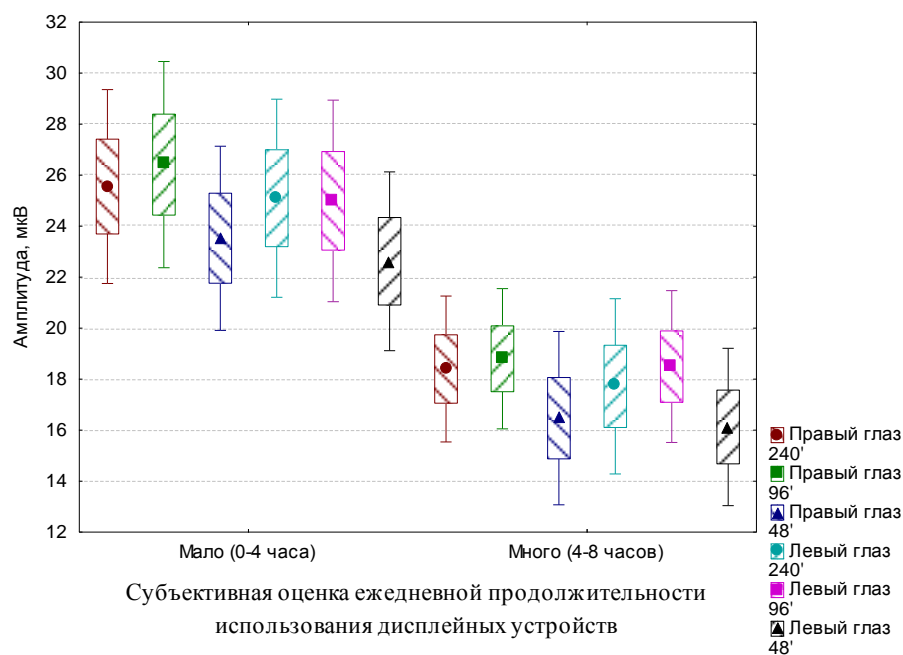


Рисунок 7. Амплитуда комплекса P100-N145 у детей с различной субъективной оценкой продолжительности ежедневного использования дисплейных устройств.

Следует отметить, что данные различия выявляются в основном при стимуляции паттерном с низкой пространственной частотой, на который реагируют клетки магноцеллюлярной системы, обслуживающей преимущественно парацентральное и периферическое поле зрения. Вероятно, это можно объяснить тем, что при продолжительной работе с дисплейными устройствами основной поток информации идет по центральным высокочастотным зрительным каналам, при этом активность периферии подавляется, а центральное зрение, наоборот, развивается ускоренными темпами. Тогда как при низком уровне зрительной нагрузки, связанном с использованием дисплейных устройств, зрительная система более активно реагирует на стимуляцию парацентральное и периферического поля зрения.

Кроме того, внутри группы детей с малой продолжительностью ежедневного использования дисплейных устройств так же обнаружены признаки функциональной асимметрии зрительных каналов. Так, при попарном сравнении значений латентности компонента N₇₅ для правого и левого глаза с помощью критерия Уилкоксона обнаружен значимый сдвиг в

сторону увеличения латентности для левого глаза при стимуляции паттерном с размером ячеек 12' ($p=0,01$). Аналогичный сдвиг отмечается и для латентности компонента P_{100} при стимуляции паттерном с размером ячеек 24' и 12' ($p=0,04$ в обоих случаях). Кроме того, отмечается сдвиг в сторону снижения амплитуды комплекса $N_{75}-P_{100}$ для левого глаза при стимуляции паттерном с размером ячеек 48' ($p=0,004$). Полученные результаты согласуются с картиной функциональной асимметрии по выборке в целом.

При анализе движений глаза во время фиксации с помощью критерия Манна-Уитни обнаружено, что в группе детей, проводящих много времени за использованием дисплейных устройств, отмечается достоверно большее количество микродвижений ($p=0,04$) для левого глаза. Вероятно, это можно объяснить адаптацией к интенсивной работе центрального зрения и попыткой зрительной системы частично скомпенсировать функциональную асимметрию правого и левого глаза за счет улучшения качества микродвижений на левом глазу.

3. 2. 4. 3. Сравнение групп испытуемых, различающихся по наличию жалоб на зрительное утомление

При рассмотрении двух групп испытуемых, различающихся по наличию жалоб на зрительное утомление (рис. 8), с помощью критерия Манна-Уитни было установлено, что для группы детей, у которых жалобы отсутствовали, зарегистрированы ответы с достоверно большей амплитудой комплекса $N_{75}-P_{100}$ для правого глаза при стимуляции паттерном с размером ячеек 96' и 48' ($p=0,04$ в обоих случаях). Это согласуется с результатами анализа амплитуды комплекса $N_{75}-P_{100}$ у детей с малой продолжительностью ежедневного использования дисплейных устройств и может быть объяснено теми же причинами.

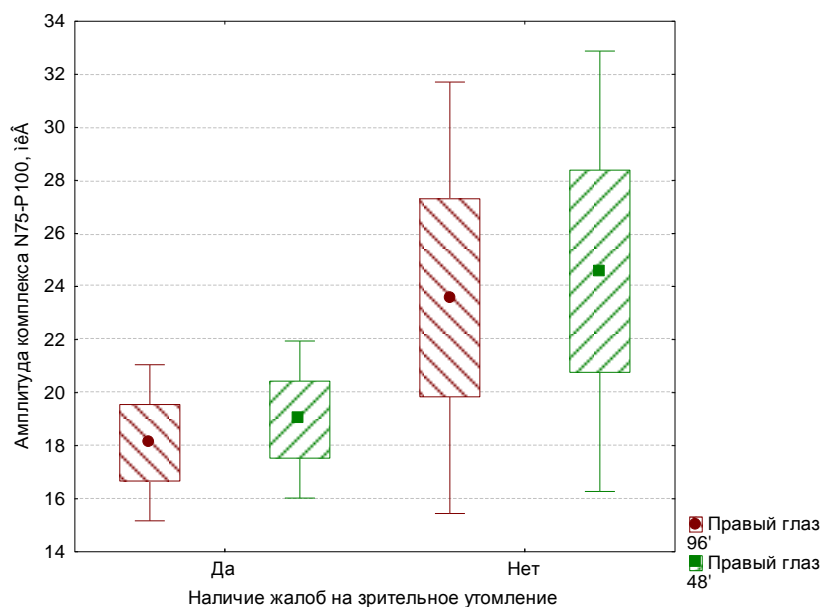


Рисунок 8. Амплитуда комплекса N75-P100 у детей в зависимости от наличия жалоб на зрительное утомление.

При анализе движений глаза во время фиксации с помощью критерия Манна-Уитни обнаружено, что в группе детей, имеющих жалобы на зрительное утомление так же, как и в группе детей с большой продолжительностью ежедневного использования дисплейных устройств, отмечается достоверно большее количество микродвижений ($p=0,01$) для левого глаза (рис. 9). Вероятно, это может объясняться теми же причинами.

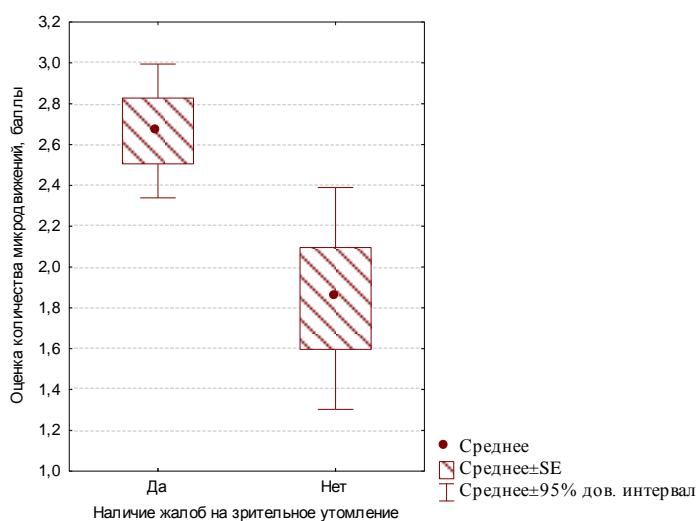


Рисунок 9. Количество микродвижений глаза при фиксации у детей в зависимости от наличия жалоб на зрительное утомление.

Таким образом, полученные нами результаты исследования позволяют рассматривать амплитудно-временные характеристики зрительных вызванных потенциалов и микродвижения глаза при фиксации как функциональные показатели, изменяющиеся под влиянием дисплейной зрительной нагрузки, что подтверждает выдвинутую гипотезу.

ВЫВОДЫ

1. Анализ объема и структуры дисплейной зрительной нагрузки показал, что школьники 11-14 лет чаще проводят за дисплейными устройствами более 1 часа в день, посвящая время интернету и социальным сетям, по сравнению со школьниками 7-10 лет, которые чаще предпочитают видеоигры. Результаты параллельного анкетирования показали, что родители зачастую переоценивают время ежедневного использования ребенком дисплейных устройств, и в меньшей степени склонны замечать у детей признаки зрительного утомления.

2. В общей выборке испытуемых обнаружено наличие функциональной асимметрии с преобладанием активности правого глаза; левый глаз демонстрирует отставание в скорости первичной обработки зрительной информации и меньшую нейронную активность в ответ на зрительную стимуляцию.

3. Дети в возрасте 11-14 лет имеют достоверно меньший размер области фиксации по вертикальной оси поля зрения. Это согласуется с тем, что в процессе развития центрального зрения растет и точность фиксации.

В группе детей, проводящих меньше времени за дисплейными устройствами, отмечается более высокая активность проводящих структур периферического поля зрения; в группе детей, проводящих более 4 часов в день за дисплейными устройствами, отмечается большее количество микродвижений для левого глаза.

Для группы детей без жалоб на зрительное утомление характерны изменения зрительных вызванных потенциалов, сходные с теми, которые продемонстрировали дети, использующие дисплейные устройства менее 4 часов в день; в группе детей с жалобами на зрительное утомление, как и в группе детей, использующих дисплейные устройства более 4 часов в день, отмечается достоверно большее количество микродвижений для левого глаза.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОРРЕКЦИОННОЙ И ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ СО ШКОЛЬНИКАМИ

Восприятие учебного материала детьми с нарушениями зрения во многом зависит от клинической картины офтальмологического заболевания. В зависимости от функциональных нарушений органа зрения (остроты зрения, поля зрения, бинокулярности, цветоразличения, фиксации взора и др.) организуется и методически направляется коррекционно-педагогическая работа, определяются режимы и объем зрительной нагрузки.

Большинство детей с функциональными нарушениями (косоглазием и амблиопией) обучаются в общеобразовательных учреждениях, работа в которых зачастую ведется без учета их психофизиологических особенностей. В связи с этим для таких учащихся возникает необходимость во введении элементов коррекционного обучения в педагогическую практику.

У детей с нарушением зрения (в отличие от слепых) ведущим остается вклад зрительного восприятия, что отражается на объеме, качестве и скорости проведения и обработки информации, получаемой поврежденным анализатором. Происходят изменения во многих функциональных системах, работа сохранных сенсорных систем видоизменяется, формируются механизмы компенсации дефекта. Эти изменения могут повлечь за собой обеднение чувственного опыта ребенка, затруднение ориентировки в пространстве, дисгармоничное развитие сенсорных и интеллектуальных функций.

Коррекционно-педагогическая работа проводится поэтапно (Волокитина Т.В., Зотова А.А. и др., 2013). Первый этап – обучение детей новым умениям и навыкам с опорой на имеющийся у них зрительный опыт. Основная роль принадлежит педагогу, который берет на себя руководящую, контролирующую и оценочную функции.

Второй этап – повторение полученных детьми на первом этапе умений и навыков. На этом этапе дети начинают выполнять оценочную функцию по отношению друг к другу. Педагог продолжает руководить коррекционным процессом.

Третий этап – закрепление полученных детьми навыков и умений. Дети применяют усвоенные навыки в новых условиях, помимо оценочной функции выполняют и контролируемую – по отношению друг к другу.

На каждом этапе коррекционно-педагогической работы реализуются задачи воспитания, обучения и развития. Коррекция и развитие зрительного восприятия предполагают совершенствование зрительного анализа и синтеза путем нахождения сходств и различий в предметах и изображениях; развитие умения узнавать контурные, силуэтные, точечные или пунктирные, наложенные и скрытые изображения предметов, геометрических фигур, букв, цифр; упражнения в выделении главных и второстепенных деталей; активизацию в речи детей слов, обозначающих признаки предмета (цвет, форма, величина, пространственные отношения); совершенствование зрительно-моторной координации (Волокитина Т.В., Зотова А.А. и др., 2013).

Игры и упражнения по коррекции познавательных процессов направлены на развитие наглядно-образного мышления; зрительной памяти и внимания. Игры и упражнения, направленные на двигательное развитие, предполагают совершенствование координации движений; развитие общей и тонкой моторики; обучение детей правильному положению тела стоя, сидя, при ходьбе и беге; обучение безопасному взаимодействию в подвижных играх. На протяжении всей коррекционной работы необходимо учитывать результаты оценки зрительных функций и подбирать игры и упражнения с учетом индивидуальных возможностей детей.

Рекомендации организационного характера для педагогов:

1. Необходим учет офтальмологической заболеваемости среди учащихся и разделение детей на группы по состоянию здоровья зрительной системы на основании диагностических данных для оказания им адекватной медико-профилактической и лечебно-оздоровительной помощи.

2. Во всех образовательных учреждениях необходимо многократно увеличить объём просветительской работы по гигиене и здоровьесбережению. В план воспитательной работы необходимо ввести курс «Сохранение зрения», в котором должна быть представлена информация о факторах риска развития офтальмологических заболеваний и отражены необходимые навыки по сохранению и укреплению здоровья зрительной системы.

3. Гигиеническое воспитание школьников необходимо организовать как многоуровневую систему. В начальный уровень включить вопросы охраны здоровья зрительной системы, актуальные для всех; во второй – предусматривающие целенаправленную работу среди детей, подверженных риску развития офтальмологической патологии; в третий – вопросы индивидуальной работы по коррекции поведения и образа жизни школьников уже имеющих диагностированную патологию зрительной системы (Мингазова Э.Н., Самойлов А.Н., Шиллер С.И., 2012). Гигиеническое воспитание необходимо начинать уже в начальной школе и проводить соответствующие мероприятия ежегодно, постепенно наращивая объем и сложность подаваемой информации.

4. При наличии у школы соответствующих возможностей, можно ввести дифференцированное обучение школьников с миопией и с повышенным риском развития миопии. Суть такого обучения состоит в уменьшении количества информации, поступающей через зрительные сенсорные каналы, более широком применении методов устного обучения, увеличении уровня физической активности.

Профилактические рекомендации общемедицинского и гигиенического характера:

1. Основу общей профилактики нарушений зрения составляет укрепление здоровья и физическое развитие ребенка. Необходимо поддерживать высокий уровень физической активности, систематически заниматься физической культурой и спортом, предупреждать и лечить общие хронические заболевания.

2. Необходимо создание и поддержание оптимальных гигиенических условий зрительной работы, и ограничение чрезмерной зрительной нагрузки, в особенности, связанной с использованием дисплейных устройств.

Все учебные помещения должны иметь естественное левостороннее освещение и искусственное освещение в соответствии с гигиеническими требованиями (СанПиН 2.4.2.2821-10, эл. ресурс). Уровни освещенности должны соответствовать следующим нормам: на рабочих столах - 300 - 500 лк, в кабинетах технического черчения и рисования - 500 лк, в кабинетах информатики на столах - 300 - 500 лк, на классной доске - 300 - 500 лк, в актовых и спортивных залах (на полу) - 200 лк, в рекреациях (на полу) - 150 лк. Классная доска, не обладающая собственным свечением, оборудуется местным освещением - софитами, предназначенными для освещения классных досок.

3. Санитарными требованиями к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях также предписано после использования технических средств обучения, связанных со зрительной нагрузкой выполнять комплекс упражнений для профилактики утомления глаз.

В качестве примера можно привести классический комплекс упражнений, разработанный Э.С. Аветисовым для профилактики зрительного утомления и близорукости (Аветисов Э.С., 2002):

1. Исходное положение – сидя, откинувшись на спинку стула. Глубокий вдох. Наклон вперед к крышке парты, выдох. Повторить 5-6 раз.

2. Исходное положение – сидя, откинувшись на спинку стула. Прикрыть веки, крепко зажмурить глаза, открыть веки. Повторить 5-6 раз.

3. Исходное положение – сидя, руки на пояс. Повернуть голову вправо, посмотреть на локоть правой руки, повернуть голову влево, посмотреть на локоть левой руки, вернуться в исходное положение. Повторить 5-6 раз.

4. Исходное положение – сидя. Поднять глаза кверху, сделать ими круговые движения по часовой стрелке, затем – против часовой стрелки. Повторить 5-6 раз.

5. Исходное положение – сидя, руки вперед. Посмотреть на кончики пальцев, поднять руки вверх (вдох), следить глазами за руками, не поднимая головы, руки опустить (выдох). Повторить 4-5 раз.

6. Исходное положение – сидя. Смотреть прямо перед собой на классную доску 2-3 с, перевести взгляд на кончик носа на 3-5 с. Повторить 6-8 раз.

7. Исходное положение – сидя, закрыть веки. В течение 30 с массировать их кончиками указательных пальцев.

Упражнения целесообразно проводить в середине каждого урока по 3-5 минут.

Так же положительно сказывается на состоянии аккомодационной системы глаз методика упражнений «объект на оконном стекле – дальний объект», которую можно рекомендовать детям для выполнения дома.

Тренирующийся (в назначенных очках для дали, если они есть) встает у окна на расстоянии 30–35 см от оконного стекла. На этом стекле, на уровне глаз прикрепляют круглую метку диаметром 3–5 мм. Вдали на линии зрения, проходящей через эту метку, он намечает какой-либо предмет для фиксации и затем поочередно переводит взгляд то на метку на стекле, то на этот предмет. Упражнения проводят 2 раза в день в течение 15–20

дней. В первые 2 дня продолжительность сеанса упражнений – 3 минуты, в последующие 2 дня – 5 минут, в остальные дни – 7 минут. При отсутствии стойкой нормализации аккомодационной способности такие упражнения повторяют систематически с перерывами в 10–15 дней (Волокитина Т.В., Зотова А.А. и др., 2013).

Рекомендации для родителей:

1. Даже при отсутствии нарушений зрения и жалоб ребенка на зрительное утомление необходимо ежегодно посещать врача-офтальмолога. При наличии офтальмологических заболеваний это необходимо делать раз в полгода или чаще (по усмотрению врача).

2. Нельзя игнорировать жалобы ребенка на снижение качества зрения или зрительное утомление, даже если они кажутся незначительными.

3. Для эффективного динамического наблюдения за состоянием зрительной системы можно распечатать любую стандартную таблицу для проверки остроты зрения, прикрепить ее на вертикальную поверхность и периодически спрашивать у ребенка, сколько строчек он видит. Исследование нужно проводить всегда с одинакового расстояния, желательно с 5 м.

4. Необходимо контролировать режим дня и количество зрительной нагрузки ребенка, поддерживать достаточный уровень физической активности, напоминать о необходимости делать перерывы в работе, соблюдать правильную осанку, носить очки и/или окклюдер, если они прописаны офтальмологом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аветисов, Э.С. Близорукость / Э.С. Аветисов. – Москва: Медицина, 2002. – 228 с.
2. Барабанщиков, В.А. Методы регистрации движений глаз: теория и практика [Электронный ресурс] / В.А. Барабанщиков, А.В. Жегалло // Электрон. журн. «Психологическая наука и образование». – 2010. – № 5. – С. 240-254. – Режим доступа: http://psyedu.ru/journal/2010/5/Varabanschikov_Zhegallo.phtml.
3. Бетелева, Т.Г. Онтогенез структурно-функциональной организации воспринимающей системы мозга / Т.Г. Бетелева // Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. – Ленинград, 1990. – С. 65-86.
4. Вахмянина, А.А. Изменение параметров зрительных вызванных потенциалов в процессе созревания зрительной системы / А.А. Вахмянина // Актуальные проблемы современной биологии: теоретические вопросы и прикладные аспекты: Материалы студенческой конференции. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2015. – С. 36-42.
5. Гиппенрейтер, Ю.Б. Движения человеческого глаза / Ю.Б. Гиппенрейтер. – Москва: Изд-во Московского университета, 1978. – 256 с.
6. Гнездицкий, В.В. Атлас по вызванным потенциалам: (практическое руководство, основанное на анализе конкретных клинических наблюдений) / В.В. Гнездицкий, О.С. Корепина. – Иваново: ПресСто: Нейрософт, 2011. – 528 с.
7. Гребнева, Н.Н. Проблема сохранения здоровья детей в современных условиях / Н.Н. Гребнева // Физиологические механизмы адаптации человека: Материалы международной научно-практической конференции, г. Тюмень, 23 окт. 2012 г. / Науч. ред. В.С. Соловьев. – Тюмень: Изд-во «Лаконика», 2012. – С. 14-18.

8. Гурылева, М.Э. Особенности образа жизни современных школьников с миопией: медико-социологическое исследование / М.Э. Гурылева, Г.З. Галимзянова // Вопросы современной педиатрии. – 2011. – Т. 10. – № 4. – С. 5-9.
9. Ерошевский, Т.И. Глазные болезни: учебное пособие / Т.И. Ерошевский, А.П. Нестеров, А.А. Бочкарева и др. – Москва: Лидер М, 2008. – 316 с.
10. Зенков, Л.Р., Центральные механизмы афферентации у человека / Л.Р. Зенков, П.В. Мельничук. – Москва: Медицина, 1985. – 272 с.
11. Зуева, М.В. Созревание и пластичность зрительной системы: нейрогенез, синаптогенез и миелиногенез. Сообщение 1. Сетчатка и ретиногеникулярные проекции / М.В. Зуева // Вестник офтальмологии. – 2012а. – Т. 128. – № 3. – С. 37-41.
12. Зуева, М.В. Созревание и пластичность зрительной системы: нейрогенез, синаптогенез и миелиногенез. Сообщение 2. Зрительная кора и зрительная лучистость / М.В. Зуева // Вестник офтальмологии. – 2012б. – Т. 128. – № 4. – С. 70-74.
13. Кошелев, Д.И. Движения глаза при фиксации. Возможности практического использования / Д.И. Кошелев // Практическая медицина. – 2016. – № 6 (98). – С. 74-78.
14. Кошелев, Д.И. Информационные характеристики движений глаза при центральной фиксации / Д.И. Кошелев // Вестник ОГУ: XX Российская научно-практическая конференция «Новые технологии микрохирургии глаза». – Оренбург: Изд-во ОГУ, 2009. – № 12. – С. 70-73.
15. Микадзе, Ю.В. Нейропсихология детского возраста: учебное пособие / Ю.В. Микадзе. – Санкт-Петербург: Питер, 2008. – 288 с.
16. Мингазова, Э.Н. Роль медико-социальных факторов в развитии миопии / Э.Н. Мингазова, А.Н. Самойлов, С. И. Шиллер // Казанский медицинский журнал. – 2012. – Т. 93. – № 6. – С. 958-961.

17. Морозова, Л.В. Психофизиологические закономерности зрительного восприятия детей 6-8 лет: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 19.00.02 / Морозова Людмила Владимировна; Поморский гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск, 2008. – 39 с.
18. Муравьева, С.В. Исследование функционального состояния магно- и парво-каналов зрительной системы человека: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 03.03.01 / Муравьева Светлана Владимировна; Инст. физиологии им. И.П. Павлова РАН. – Санкт-Петербург, 2013. – 18 с.
19. Об образовании в Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федер. закон РФ N 273-ФЗ от 29 дек. 2012 г. – Режим доступа: <http://zakon-ob-obrazovanii.ru/> (20.05.2017).
20. Онищенко, Г.Г. Санитарно-эпидемиологическое благополучие детей и подростков: состояние и пути решения проблем / Г.Г. Онищенко // Гигиена и санитария. – 2007. – № 4. – С. 53–59.
21. Опыт применения вызванных потенциалов в клинической практике / под ред. В.В. Гнездицкого, А.М. Шамшиновой. – Москва: АОЗТ «Антидор», 2001. – 480 с.
22. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. – Москва: Изд-во Московского психолого-социального института; Воронеж: Изд-во НПО «МОДЭК», 2009. – 432 с.
23. Сабгайда, Т.П. Изменение заболеваемости российских детей, подростков и взрослого населения болезнями основных классов в постсоветский период [Электронный ресурс] / Т.П. Сабгайда, О.Б.Окунев // Электрон. научн. журн. «Социальные аспекты здоровья населения». – 2012. – № 1. – Режим доступа: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/383/30/lang,ru/>.
24. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях [Электронный ресурс]: СанПиН 2.4.2.2821-10; утв. постановлением Главного государственного

- санитарного врача РФ от 29.12.2010 г. N 189. – Режим доступа: <https://rg.ru/2011/03/16/sanpin-dok.html> (20.05.2017).
25. Семенович, А.В. Введение в нейропсихологию детского возраста: учебное пособие / А.В. Семенович. – Москва: Генезис, 2005. – 319 с.
26. Смирнов, Н.К. Актуальные проблемы здоровьесберегающего образования / Н.К. Смирнов // Сибирский педагогический журнал. – 2012. – № 9. – С. 59-64.
27. Уилсон-Паувелс, Л. Черепные нервы. Функция и дисфункция / Л. Уилсон-Паувелс, П. А. Стюарт, Э. Дж. Окессон, Ш. Д. Спейси; пер. с англ. П.П. Виноградова под ред. А.А. Скоромца. – Москва: Изд-во Панфилова; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 272 с.
28. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]: Официальная статистика заболеваемости населения по основным классам болезней. – Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/healthcare/ (20.05.2017).
29. Фильчикова, Л.И. Зрительные вызванные потенциалы в оценке остроты зрения у детей грудного возраста / Л.И. Фильчикова, Л.А. Дубовская, О.Н. Крюковских и др. // Вестник офтальмологии. – 1995. – № 3. – С. 28-29.
30. Фильчикова, Л.И. Основы ранней психологической коррекции сенсорного развития детей с нарушениями зрения: автореф. дис. ... д-ра психол. наук: 19.00.10 / Фильчикова Любовь Ивановна; Инст. коррекционной педагогики РАО. – Москва, 1999. – 46 с.
31. Хьюбел, Д. Глаз, мозг, зрение / Д. Хьюбел. – Москва: Мир, 1990. – 240 с.
32. Цехмистренко Т.А. Структурные преобразования ассоциативных зон коры больших полушарий как морфологическая основа формирования когнитивных функций мозга человека от рождения до 20 лет / Т.А.

- Цехмистренко, В.А. Васильева // Физиология человека. – 2001. – Т. 27. – № 5. – С. 41-48.
33. Шамшинова, А.М. Вызванные потенциалы сетчатки и мозга, особенности их регистрации у детей / А.М. Шамшинова // Зрительные функции и их коррекция у детей: под ред. С.Э. Аветисова, Т.П. Кащенко, А.М. Шамшиновой. – Москва: Медицина, 2005. – С. 427-458.
34. Шамшинова, А.М. Функциональные методы исследования в офтальмологии / А.М. Шамшинова, В.В. Волков. – Москва: Медицина, 1999. – 416 с.
35. Шибкова, Д.З. Возможности информационно-образовательной среды по разработке и реализации программы формирования культуры здорового и безопасного образа жизни / Д.З. Шибкова, П.А. Байгужин // Образование и здоровье: Сб. материалов Всероссийской научн. школы здоровья с международным участием, 19-21 марта 2013 г., г. Sterlitaamak. – Sterlitaamak: СФ БашГУ, 2013. – С. 203-206.
36. Эмануэль, Ю.В. Скрининговое обследование состояния здоровья школьников в образовательных учреждениях / Ю.В. Эмануэль // Здоровье человека: Материалы VI Международного научного конгресса валеологов: под ред. проф. В.В. Колбанова. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГИУ, 2011. – С. 119-122.
37. Ярбус, А.Л. Роль движений глаза в процессе зрения / А.Л. Ярбус. – Москва: Наука, 1965. – 166 с.
38. Bolger, C. Dominant frequency content of ocular microtremor from normal subjects / C. Bolger, S. Bojanic, N.F. Sheahan et al. // Vis. Res. – 1999. – № 39. – P. 1911–1915.
39. Braddick, O. Development of human visual function / O. Braddick, J. Atkinson // Vis. Res. – 2011. – № 51. – P. 1588-1609.
40. Campbell, J. Distinct visual evoked potential morphological patterns for apparent motion processing in school-aged children / J. Campbell, A. Sharma // Front. Hum. Neurosci. – 2016. – Vol. 10. – Art. 277. – 12 p.

41. Di Russo, F. Identification of the neural sources of the pattern-reversal VEP / F. Di Russo, S. Pitzalis, G. Spitoni et al. // *Neuroimage*. – 2005. – Vol. 24. – № 3. – P. 874-886.
42. Dion, L. A. Sex differences in visual evoked potentials in school-age children: what is the evidence beyond the checkerboard? / L. A. Dion, G. Muckle, C. Bastien et. al. // *Int. J. Psychophysiol.* – 2013. – Vol. 88. – № 2. – P. 136-142.
43. Ellemberg, D. Development of spatial and temporal vision during childhood / D. Ellemberg, T. L. Lewis, C. H. Liu, D. Maurer // *Vis. Res.* – 1999. – Vol. 39. – № 14. – P. 2325-2333.
44. Emmerson-Hanover, R. Pattern reversal evoked potentials: gender differences and age-related changes in amplitude and latency / R. Emmerson-Hanover, D. E. Shearer, D. J. Creel, R. E. Dustman // *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* – 1994. – Vol. 92. – № 2. – P. 93-101.
45. Engbert, R. Microsaccades keep the eyes' balance during fixation / R. Engbert, R. Kliegl // *Psychol. Sci.* – 2004. – № 15. – P. 431-436.
46. Farrant, A. Asymmetric development of dorsal and ventral attention networks in the human brain / A. Farrant, L.Q. Uddin // *Dev. Cogn. Neurosci.* – 2015. – № 12. – P. 165-174.
47. Feng, J. J. Pattern visual evoked potential performance in preterm preschoolers with average intelligence quotients / J. J. Feng, X. Xu, W. P. Wang et al. // *Early Hum. Dev.* – 2011. – Vol.87. – № 1 – P. 61-66.
48. Gogtay, N. Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood / N. Gogtay, J. N. Giedd, L. Lusk et al. // *Proc. Natl. Acad. Sci.* – 2004. – Vol. 101. – № 21. – P. 8174-8179.
49. Gregori, B. VEP latency: sex and head size / B. Gregori, S. Pro, F. Bombelli et al. // *Clin. Neurophysiol.* – 2006. – Vol.117. – № 5. – P. 154-157.
50. Grill-Spector, K. The human visual cortex / K. Grill-Spector, R. Malach // *Annu. Rev. Neurosci.* – 2004. – № 27. – P.649-77.

51. Hafed, Z. M. Microsaccades as an overt measure of covert attention shifts / Z. M. Hafed, J. J. Clark // *Vision. Res.* – 2002. – № 42. – P. 2533–2545.
52. Hoshiyama, M. Effects of attention on pattern-reversal visual evoked potentials: foveal field stimulation versus peripheral field stimulation / M. Hoshiyama, R. Kakigi // *Brain Topogr.* – 2001. – Vol.13. – № 4. – P. 293-298.
53. Johnson, M.N. Constraints on cortical plasticity / M.N. Johnson // *Brain Development and Cognition: ed. by M. Johnson.* – Cambridge: MA, 1993. – P. 703-721.
54. Kaplan, E. The M, P and K pathways of the Primate Visual System revisited / E. Kaplan // *The New Visual Neuroscience: ed. by J.S. Werner, L.M. Chalupa.* – Cambridge: MIT Press, 2012. – P. 215-227.
55. Kelly, J. P. Waveform variance and latency jitter of the visual evoked potential in childhood / J. P. Kelly, F. Darvas, A. H. Weiss // *Doc. Ophthalmol.* – 2014. – Vol.128. – № 1. – P. 1-12.
56. Kothari, R. Effect of head circumference on parameters of pattern reversal visual evoked potential in healthy adults of central India / R. Kothari, R. Singh, S. Singh, P. Bokariya // *Nepal Med. Coll. J.* – 2012. – Vol.14. – №2. – P. 75-79.
57. Kothari, R. Influence of visual angle on pattern reversal visual evoked potentials / R. Kothari, R. Singh, S. Singh et al. // *Oman J. Ophthalmol.* – 2014. – Vol.7. – № 3. – P. 120-125.
58. Lenassi, E. VEP maturation and visual acuity in infants and preschool children / E. Lenassi, K. Likar, B. Stirn-Kranjc et al. // *Doc. Ophthalmol.* – 2008. – Vol.117. – № 2. – P. 111-120.
59. Mahajan, Y. Maturation of visual evoked potentials across adolescence / Y. Mahajan, G. McArthur // *Brain. Dev.* – 2012. – № 34. – P. 655-666.
60. Malcolm, C.A. Pattern-reversal visual evoked potentials in infants: gender differences during early visual maturation / C.A. Malcolm, D.L. McCulloch,

- A.J. Shepherd // *Dev. Med. Child. Neurol.* – 2002. – Vol.44. – № 5. – P. 345-351.
61. Martinez-Conde, S. Fixational eye movements in normal and pathological vision / S. Martinez-Conde // *Progr. in Brain Res.* – 2006. – Vol. 154. – P. 151-176.
62. Martinez-Conde, S. Microsaccades counteract visual fading during fixation / S. Martinez-Conde, S.L. Macknik, X. Troncoso, T.A. Dyar // *Neuron.* – 2006. – № 49. – P. 297–305.
63. Martinez-Conde, S. Microsaccadic eye movements and firing of single cells in the striate cortex of macaque monkeys / S. Martinez-Conde, S.L. Macknik, D.H. Hubel // *Nat. Neurosci.* – 2000. – № 3. – P. 251–258.
64. Martinez-Conde, S. The function of bursts of spikes during visual fixation in the awake primate lateral geniculate nucleus and primary visual cortex / S. Martinez-Conde, S.L. Macknik, D.H. Hubel // *Proc. Natl. Acad. Sci.* – 2002. – № 99. – P. 13920–13925.
65. Martinez-Conde, S. The role of fixational eye movements in visual perception / S. Martinez-Conde, S.L. Macknik, D.H. Hubel // *Nat. Rev. Neurosci.* – 2004. – № 5. – P. 229–240.
66. Mezer, E. Effect of defocusing and of distracted attention upon recordings of the visual evoked potential / E. Mezer, Y. Bahir, R. Leibu, I. Perlman // *Doc. Ophthalmol.* – 2004. – Vol.109. – №3. – P. 229-38.
67. Miller, D. J. Prolonged myelination in human neocortical evolution / D. J. Miller, T. Duka, C. D. Stimpson et al. // *Proc. Natl. Acad. Sci.* – 2012. – Vol.109. – № 41. – P. 16480-16485.
68. Moller, F. Binocular quantification and characterization of microsaccades / F. Moller, M.L. Laursen, J. Tygesen, A.K. Sjolie // *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* – 2002. – № 240. – P.765–770.
69. Nelson, C.A. Neural and behavioral correlates of visual recognition memory in 4- and 8-month-old infants / C.A. Nelson, P.F. Collins // *Brain Cogn.* – 1992. – Vol.19. – № 1. – P. 105-121.

70. Odom, J. V. ISCEV standard for clinical visual evoked potentials (2009 update) / J. V. Odom, M. Bach, M. Brigell et al. // *Doc. Ophthalmol.* – 2010. – Vol.120. – № 1. – P. 111-119.
71. Rolfs, M. Shortening and prolongation of saccade latencies following microsaccades / M. Rolfs, J. Laubrock, R. Kliegl // *Exp. Brain Res.* – 2006. – № 169. – P. 369–376.
72. Rolfs, M. Toward a model of microsaccade generation: the case of microsaccadic inhibition / M. Rolfs, R. Kliegl, R. Engbert // *Journ. of Vis.* – 2008. – Vol. 8. – № 5. – P. 1– 23.
73. Snyder, E. W. Pattern reversal evoked potential amplitudes: life span changes / E. W. Snyder, R. E. Dustman, D. E. Shearer // *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* – 1981. – Vol. 52. – № 5. – P. 429-434.
74. Spauschus, A. The origin of ocular microtremor in man / A. Spauschus, J. Marsden, D.M. Halliday et al. // *Exp. Brain Res.* – 1999. – № 126. – P. 556–562.
75. Taylor, M. J. Visual evoked potentials in infants and children / M. J. Taylor, D. L. McCulloch // *J. Clin. Neurophysiol.* – 1992. – Vol. 9. – № 3 – P. 357-372.
76. Ungerleider, L. G. «What» and «where» in the human brain / L.G. Ungerleider, J.V. Haxby // *Curr. Opin. Neurobiol.* – № 4. – P. 157-165.
77. Walsh, P. The clinical role of evoked potentials / P. Walsh, N. Kane, S. Butler // *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* – 2005. – № 76 (suppl. II). – P. 16-22.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1.

Форма подтверждения добровольного информированного согласия
родителей на участие ребенка в исследовании.

Добровольное информированное согласие родителей на участие ребенка в исследовании

Лаборатория нейрофизиологии зрения Всероссийского центра глазной и пластической хирургии приглашает Вас и Вашего ребенка принять участие в психофизиологическом исследовании, целью которого является изучение влияния зрительных нагрузок на формирование и функционирование зрительной системы у детей.

Добровольность участия. Участие Вас и Вашего ребенка в исследовании исключительно добровольно. Вы и Ваш ребенок можете принять решение не участвовать в исследовании сейчас или отказаться продолжать участвовать на любом этапе без каких-либо негативных последствий.

Конфиденциальность. Ваши персональные данные и данные Вашего ребенка не будут где-либо опубликованы или переданы третьим лицам. Все данные, собранные в ходе исследования, будут доступны только исследователю. Все результаты исследования будут представляться только в обобщенном виде, а не индивидуально.

Процедура исследования. Вашему ребенку будет предложено ответить на вопросы анкеты и пройти ряд офтальмологических и нейрофизиологических обследований. Все процедуры безболезненны, не инвазивны, не связаны с приемом лекарственных препаратов или воздействием на организм каких-либо вредных для здоровья факторов. У Вас будет возможность ознакомиться с результатами исследования и по их результатам проконсультироваться с сотрудниками лаборатории.

Риски и неудобства. Участие в исследовании несет не более чем минимальные риски и неудобства для здоровья участников.

Выгоды. Участие в исследовании не предполагает получение участниками денежной или материальной компенсации, или какой-либо другой прямой выгоды. Однако информация, полученная в ходе этого исследования, может в будущем принести пользу, как самим участникам, так и другим людям.

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ИНФОРМИРОВАННОГО СОГЛАСИЯ НА УЧАСТИЕ В ИССЛЕДОВАНИИ

Подписывая данную форму информированного согласия, я _____ подтверждаю, что я и мой ребенок были ознакомлены с целью и процедурой участия в исследовании. У нас была возможность задать все интересующие вопросы. Мы получили удовлетворительные ответы и пояснения по всем вопросам, интересовавшим нас в связи с данным исследованием. Я даю свое согласие на участие своего сына (дочери) _____ в исследовании.

Подпись законного представителя

участника исследования:

Дата:

« ____ » _____ 2016 г.

Я объяснила респонденту предложенную выше форму информированного согласия, а также ответила на все вопросы респондента относительно участия в исследовании. Его(ее) решение принять участие в исследовании не навязано кем-то, а является осознанным и добровольным, о чем получено согласие.

Ф.И.О. и подпись исследователя:

Вахмянина Анна Александровна,

м.н.с. лаб. нейрофизиологии зрения

Дата:

« ____ » _____ 2016 г.

Вопросы для параллельного анкетирования детей и их родителей.

- 1) Сколько времени в день ты проводишь за компьютером? (Сколько времени в день Ваш ребенок проводит за компьютером?)
 1. Очень мало (меньше 1 часа);
 2. Мало (1-2 часа);
 3. Достаточно много (2-3 часа);
 4. Много (3-4 часа);
 5. Очень много (более 4 часов).

- 2) Чем ты обычно занимаешься за компьютером? (Чем Ваш ребенок обычно занимается за компьютером?)
 1. Сажу (сидит) в интернете, социальных сетях, общаюсь (общается);
 2. Смотрю (смотрит) кино, мультфильмы;
 3. Ищу (ищет) необходимую для учебы информацию;
 4. Играю (играет) в видеоигры;
 5. Другое: _____

- 3) Сколько времени в день ты проводишь за планшетом и/или смартфоном? (Сколько времени в день Ваш ребенок проводит за планшетом и/или смартфоном?)
 1. Очень мало (меньше 1 часа);
 2. Мало (1-2 часа);
 3. Достаточно много (2-3 часа);
 4. Много (3-4 часа);
 5. Очень много (более 4 часов).

- 4) Чем ты обычно занимаешься за планшетом и/или смартфоном? (Чем Ваш ребенок обычно занимается за планшетом и/или смартфоном?)

1. Сажу (сидит) в интернете, социальных сетях, общаюсь (общается);
2. Смотрю (смотрит) кино, мультфильмы;
3. Ищу (ищет) необходимую для учебы информацию;
4. Играю (играет) в видеоигры;
5. Читаю (читает);
6. Другое: _____

5) Чувствуешь ли ты иногда, что у тебя устают глаза? (Жалуется ли ребенок иногда, что у него устают глаза?)

1. Да;
2. Нет.

б) Отмечал ли ты у себя когда-либо следующие ощущения? (Жаловался ли ребенок когда-либо на следующие ощущения?)

1. Покраснение глаз;
2. Жжение, резь, сухость в глазах;
3. Боль, напряжение в глазах;
4. Нечеткость видения вблизи;
5. Нечеткость зрения вдали;
6. Двоение изображения;
7. Боль в висках;
8. Боль в шее.