

КОМПЬЮТЕРНАЯ ЗРИТЕЛЬНАЯ ТЕРАПИЯ

1. Что такое зрительная терапия

Зрительная терапия (ЗТ) - это метод восстановления функциональных нарушений зрения с помощью тренировок, без использования хирургического и фармакологического вмешательства. В зависимости от вида и сложности нарушений (зрительно-моторного и/или перцептуально-когнитивного дефицита) для каждого пациента разрабатывается индивидуальная контролируемая программа коррекции зрения. Лечение проходит под наблюдением специалистов.

С помощью морфометрических методов (fMRI - функциональное магнитно-резонансного воспроизведения изображений; PET- позитрон-эмиссионной томографии; MEG - магнитоэнцефалографии и др.) учёные определили, что зрительный дефицит связан не только со зрительно-моторными нарушениями, но сопровождается и структурными изменениями в проекционной и экстрастриарных зонах мозга. Поэтому задача современной ЗТ – научить мозг пациента эффективно использовать глаза для получения информации, быстро ее осмысливать и реагировать должным образом.

Клиническая практика показывает, что ЗТ эффективна при лечении как зрительно-моторных нарушений, так и бинокулярных функций, причём, в отношении восстановления бинокулярных функций она намного эффективнее, чем хирургия или только ношение очков.

Офтальмологи могут также прописывать ЗТ пациентам, имеющим астенопические симптомы и испытывающим дискомфорт при длительном выполнении зрительной работы на близком расстоянии (чтении, работы за компьютером и других профессиональных нагрузках).

2. Современная компьютерная зрительная терапия

В последние 15 лет в нашей стране (и уже более 30 лет за рубежом) успешно развиваются, и в настоящее время получили широкое распространение, компьютерные методы лечения функциональных нарушений зрения. Если в первые годы компьютерные тренировки использовали, как дополнение к традиционным приборным методам лечения, то сейчас они начинают занимать ведущие позиции в ЗТ.

В исследованиях последних лет показано, что наиболее эффективным методом лечения функциональных расстройств зрения является перцептивное обучение при котором для выполнения лечебных процедур от пациента требуется не только анализировать формы объектов, но и совершать активную работу когнитивных функций (внимания, памяти, локализации и/или кодирования объектов и др.), управляемых высшими зрительными центрами мозга.

Благодаря пластичности мозга и его способности к обучению, при интенсивных тренировках (2000 – 5000 упражнений за курс лечения) повышается активность зрительных нейронов и происходят изменения межнейронных связей в зрительной коре, что, в свою очередь, приводит к нормализации работы всей зрительной системы и гарантирует долговременные результаты лечения. Самым перспективным способом, дающим возможность такого интенсивного обучения, является компьютерная развивающая оптометрия.

2.1. Компьютерное тестирование

Благодаря стандартизации выполнения процедур, компьютерные программы удобно использовать для тестирования таких зрительных способностей, как характер зрения, фория, фиксационная диспаратность, уровень развития резервов фузии, стереозрения и др. Компьютерные технологии продуктивны также и при определении поля зрения, картировании скотом, оценке глазодвигательных способностей, скорости зрительного поиска и других функций. Компьютерные программы позволяют автоматически регистрировать, обрабатывать и хранить результаты, и распечатывать их на бумаге.

2.2. Компьютерное лечение

В зависимости от проблем пациента, выявленных при тестировании зрительных функций, для него разрабатывается индивидуальная программа лечения.

В ходе тренировок пациент выполняет постепенно усложняющиеся терапевтические процедуры, приводящие к развитию и восстановлению нормальных зрительных навыков. Лечение проводится в кабинете ЗТ под управлением специалиста. В зависимости от сложности диагноза, оно требует многократных посещений кабинета в течение нескольких недель или месяцев.

Коррекция любой зрительной функции предполагает выполнения трех этапов лечения:

Первый этап – обучение зрительной системы правильно выполнять упражнение.

Второй этап – научиться выполнять упражнение в определённом темпе при усложняющихся параметрах тренировки, т.е. развить зрение до показателей, соответствующих возрастной норме.

Третий этап – многократное выполнение упражнений для доведения работы тренируемых функций до автоматизма на разных расстояниях наблюдения, т.е. нормальной работы зрения, интегрированной с моторными и когнитивными способностями.

Как правило, первый и второй этапы лечения проводятся в кабинете ЗТ, а затем параллельно с лечением в медицинском кабинете пациент должен тренироваться дома, чтобы укреплять развиваемые зрительные способности в естественной окружающей обстановке. К сожалению, получив положительную динамику лечения, многие пациенты прекращают тренировки. Следует помнить, что только выполнение *всех трёх этапов* лечения и последующее *выполнение гигиенических требований* гарантирует стойкий результат.

Практика показывает, что компьютерная ЗТ быстрее даёт результаты при лечении бинокулярных аномалий по сравнению с традиционными методами лечения. В ряде случаев у пациентов, не поддающихся лечению традиционными методами, удаётся получить положительную динамику методами компьютерной ЗТ.

2.3. Преимущества компьютерных методов лечения

2.3.1. Расширение диапазона тренировочных процедур и интенсификация тренировок

Компьютерные программы позволяют заменить многие виды приборного лечения и позволяют разработать новые тренировочные процедуры, требующие перемещения тест-объектов в разных направлениях с заданной скоростью, вращения объектов, смены диспаратности, изменения контраста, цветовой гаммы и т.д. При тренировке на компьютере смена стимулов и параметров тренировки производится моментально одним нажатием кнопки мыши. Это позволяет выполнение большего количества попыток и процедур за время одного занятия по сравнению с приборным лечением. Многие программы предусматривают возможность работы в автоматическом режиме, когда параметры тренировочных процедур постепенно усложняются, по мере того, как пациент осваивает данный уровень сложности. Всё это повышает эффективность тренировок и сокращает время коррекции зрительных функций.

2.3.2. Роль обратной связи

Обратная связь, контролирующая работу зрительных функций, составляет основу оптометрического лечения. Во время тренировок ортоптист постоянно спрашивает пациента, что он видит при выполнении упражнения. При этом пациент должен быть обучен давать надёжные и своевременные ответы. Если упражнение выполнено неправильно, то ортоптист даёт инструкцию, как следует его выполнить правильно. К сожалению, маленькие дети часто дают «правильные» ответы, не соответствующие их зрению. Кроме того, когда

ортоптисту приходится работать с несколькими пациентами одновременно, обратная связь может не совпадать со временем выполнения упражнения.

Компьютер позволяет генерировать «положительные» (свидетельствующие об успехе) и «отрицательные» (свидетельствующие об ошибке) звуковые сигналы сразу после выполнения упражнения. Если звучит «положительный» сигнал, то пациент старается при следующей попытке повторить свои усилия, что приводит к закреплению правильных навыков и выработки рефлекса. Если звучит «отрицательный» сигнал, то пациент концентрирует внимание, и при следующей попытке старается скорректировать свои усилия. Такое обучение основано на способности ребенка активно и самостоятельно регулировать свои действия для выполнения поставленной задачи. Результатом этой активной деятельности является прочное усвоение положительных навыков. Если пациент не может понять, как правильно выполнить упражнение, то ортоптист, услышав повторяющиеся звуковые «отрицательные» сигналы обратной связи, придёт ему на помощь.

2.3.3. Параметры тренировок

Широкий диапазон варьирования параметров позволяет подобрать начальные условия тренировки, выполнимые для пациентов с любой сложностью патологии. При этом программа гарантирует точное соблюдение выбранных условий тренировок. Современные компьютерные программы провоцируют многократное выполнение заданий при участии не только чисто зрительных способностей, но и обязательном решении простых когнитивных задач.

Быстрая смена объектов и предъявление их в случайном порядке позволяет за одну тренировку (10-20 минут) выполнить несколько десятков/сотен упражнений, что способствует активной работе нейронов высших зрительных центров мозга, и коррекции межнейронных связей. Возможность генерировать 2D, 3D и иллюзорные изображения и стереограммы из случайных точек, а также динамические стимулы, анализ которых требует участия разных зрительных центров мозга, гарантирует получение стабильных результатов, необходимых для восстановления и коррекции зрения.

2.3.4. Обработка и хранение результатов

Компьютер позволяет фиксировать и сохранять все параметры тренировки, подсчитывать количество ошибок, фиксировать время выполнения задания, моментально производить обработку данных (вычислять скорость и продуктивность работы) и сразу предъявлять их в табличной и графической форме. Это даёт возможность ортоптисту анализировать динамику лечения и, в случае необходимости, своевременно изменять параметры тренировки.

2.3.5. Повышение мотивации пациентов

Интерактивный характер упражнений и наличие звуковой обратной связи превращает процесс лечения в увлекательную игру. Самостоятельное управление ходом выполнения упражнений и возможность самому оценивать результаты своей работы вызывает желание выполнить упражнение как можно лучше и повышает заинтересованность в тренировках. По мере улучшения динамики результатов у детей повышается самооценка и развивается самостоятельность.

2.3.6. Лечение в домашних условиях

Практика показывает, что тренировки 2-3 раза в неделю в кабинете ЗТ и дополнительные занятия в домашних условиях повышают эффективность лечения и дают надёжные результаты. Домашние тренировки можно проводить в самое выгодное время, разделять на части и совмещать с другой активностью ребёнка. А так как многие программы могут работать в автоматическом режиме, то это снижает необходимость в постоянном участии опытных специалистов.

3. Практическое использование тренировочных программ из комплексов «Академик» и «Школьник»

Интегрированные лечебно-диагностические комплексы программ «Академик» и «Школьник» разработаны с учетом достижений фундаментальной науки в области нейрофизиологии и психофизики зрения специалистами Российской Академии наук (ИППИ РАН).

Комплекс «Академик» включает 5 программ: «Клинок» (для лечения косоглазия), «Чибис» (для тренировки стереозрения), «Цветок» (для лечения амблиопии), «Дискоотека» (для тренировки аккомодации) и «Кодинг» (для выработки устойчивой фиксации и развития зрительной работоспособности).

Комплекс «Школьник» включает программы «Спак» (для снятия спазма аккомодации), «Трест» (для развития стереозрения), «Краб» (для развития резервов фузии), «Колесо удачи» (для восстановления зрительных функций при амблиопии), «Волшебные окошки» (для развития аккомодации).

Опыт использования вышеперечисленных компьютерных программ для лечения функциональных нарушений зрения в лечебных учреждениях Москвы, Санкт-Петербурга и других городов России показал, что они позволяют добиться положительной динамики лечения более чем в 90% случаев.

Так как у пользователей могут быть мониторы разных размеров и с очень разным разрешением, то для получения заданных авторами размеров изображений (тест-объектов) во всех программах комплекса «Школьник» и в программах «Клинок» и «Цветок» предусмотрена процедура калибровки монитора.

В программах «Волшебные окошки», «Краб», «Трест» и «Колесо удачи», «Клинок» и «Цветок» результаты тренировок пациентов, которые в данное время не тренируются, можно для хранения убрать в архив. В случае проведения повторного курса лечения данные пациента можно легко вернуть в рабочий список.

3.1. Тренировка аккомодации

Чтобы аккомодативная система работала нормально, надо чтобы она была динамичной и быстро обеспечивала четкую фокусировку объектов на сетчатке при переводе взора с близкого расстояния на далёкое и обратно. Наиболее часто встречающиеся нарушения аккомодации – это недостаточность аккомодации (выражающаяся в снижении амплитуды аккомодации), спазм аккомодации (утомление системы аккомодации при длительной гиперстимуляции), и затруднение аккомодации (выражающееся в большой латентности ответов аккомодации при переводе взора с близкого расстояния на далёкое и обратно). Пациенты с нарушением аккомодации не способны выполнять зрительную работу на близком расстоянии на протяжении длительного времени, так как у них развиваются астенопические симптомы (непостоянная расплывчатость изображений при переводе взгляда вдаль, головная боль, быстрое утомление глаз, снижении концентрации внимания, сонливость и др.). В результате, они испытывают зрительный дискомфорт при обучении и чтении.

В компьютерных комплексах «Академик» и «Школьник» для тренировки аккомодации предложены три программы - «Спак», «Дискоотека» и «Волшебные окошки» (содержащая две подпрограммы: «Утро» и «Вечер»). Чтобы минимизировать потенциальное влияние системы бинокулярной вергенции на аккомодативную систему, тренировки проводят монокулярно. В ходе тренировок пациент обучается произвольному контролю за работой аккомодации, что и позволяет улучшить динамику и точность её работы, а затем должен довести работу аккомодации до автоматизма без ощущения напряжения.

Программа «Спак» предназначена для ликвидации спазма аккомодации, увеличения амплитуды аккомодации, предотвращения и/или снижения скорости прогрессирования миопии, развития точности работы мелкой моторики и скорости зрительного поиска. Программа состоит из двух подпрограмм - «Буквоежка» и «Буквочёт». В ходе тренировки

пациент должен выполнить серию однотипных зрительных упражнений, состоящих в поиске целевого объекта среди других объектов, предъявляемых в виде таблицы (в условиях краудинга). Для ослабления спазма цилиарной мышцы применяется «метод затуманивания» по Дашевскому с использованием плюсовых сферических линз возрастающей силы («стеклянный атропин»), провоцирующий рефлекторное расслабление цилиарной мышцы. В ходе выполнения одного упражнения, длящегося 3 минуты, пациент должен совершить 96 поисков. Каждая тренировка предполагает выполнение трёх упражнений с линзами возрастающей силы каждым глазом (288 поисков). Благодаря наличию звуковой обратной связи, пациент понимает, что ощущает глаз при неправильной работе и это помогает ему научиться контролировать работу мышц. Курс лечения должен состоять из 15 – 20 тренировок. Кроме выработки навыка расслабления цилиарной мышцы, для успешного выполнения задания, от пациента требуется концентрация и быстрое переключение внимания с объекта на объект, быстрое сканирование игрового поля и выбор правильной стратегии поиска целевых объектов. Такое активное участие когнитивных функций при выполнении тренировки увеличивает стойкость полученных результатов.

Программа **«Дискотека»** предназначена для профилактики близорукости, увеличения амплитуды и скорости аккомодации и снятия лёгких спазмов аккомодации.

На мониторе пациенту предъявляют пять однотипных фигур, над которыми расположена цифра. Задача пациента найти в ключевой таблице, которую он держит в руках, объект под заданным номером, а затем с помощью курсора мыши указать на аналогичный объект на экране. Таким образом, при поиске каждого объекта он делает, как минимум, три перемещения взора (цифра – объект в таблице – объект на экране). Лечебный эффект основан на многократной смене точек фиксации взора, расположенных на разных расстояниях. За одно упражнение пациент совершает от 40 до 80 поисков (в зависимости от выбранного режима), что соответствует 120 или 240 смен фиксации взора. Такая активная нагрузка способствует развитию скорости смены фиксации. Кроме того, для успешного выполнения задания от пациента требуется активное участие внимания, кратковременной зрительной памяти и многократное выполнение зрительно-моторных реакций. В ходе тренировок необходимо постепенно увеличивать расстояние от глаз до монитора (от 0.5 до 3-х метров). Время тренировки составляет ~10 минут. В результате 10-и тренировок острота зрения при спазме аккомодации и миопии слабой степени повышается на 1-2 строчки. Желательно проводить не менее 15 тренировок. В начале курса лечения тренировки проводят монокулярно, а когда скорость работы аккомодации левого и правого глаза сравняется – бинокулярно.

Этот метод тренировок напоминает упражнение «метка на стекле», но он гарантирует контролируемое количество выполненных упражнений, наличие звуковой обратной связи при совершении ошибок, и автоматическую регистрацию скорости работы и количества допущенных ошибок.

Подпрограмма **«Утро»** из программы **«Волшебные окошки»** предназначена для увеличения скорости и амплитуды аккомодации. Принцип работы этой программы аналогичен работе по программе «Дискотека», т.е. от пациента требуется многократно изменять фиксацию взора по схеме «монитор – таблица – монитор», но параметры тренировки и размеры объектов предполагают большую нагрузку на зрительные и когнитивные функции. Тренировки по этой программе рекомендуется проводить с пациентами старше 6 лет. Сначала упражнения следует проводить в медленном темпе, постепенно увеличивая скорость работы. Начинают тренировки с расстояния от глаз до монитора 50 см, а затем, по мере достижения легкости работы аккомодации, его постепенно увеличивают, каждый раз на 0.5 метра. Одна тренировка в полном объёме обеспечивает выполнение шестидесяти упражнений каждым глазом (180 смен фиксации взора). Как правило, положительная динамика наблюдается уже после 10-12 тренировок, но их следует продолжать до выработки автоматизма работы аккомодативной системы.

Подпрограмма **«Вечер»** из программы **«Волшебные окошки»** предназначена для развития объёма аккомодации за счёт попеременного использования +/- линз по определённой схеме (предложено 2 схемы тренировок). Если у пациента имеется значительное нарушение рефракции, то его надо оптически компенсировать. В ходе

тренировки он должен многократно выполнять поиск одинаковых объектов среди набора изображений, отличающихся мелкими деталями. Пациент должен «прояснить» (добиться четкости) изображения и найти парный объект. Время выполнения задания сначала можно не ограничивать. На первом этапе тренировок пациенты должны выполнять каждым глазом по три цикла упражнений с линзами: $\pm 0.5D$, $\pm 1.0D$ и $\pm 1.5D$. После достижения лёгкости работы аккомодации силу линз надо постепенно увеличивать (на 0.5 диоптрии) в соответствии с выбранной схемой проведения тренировки), до достижения желаемого конечного результата. Для успешного выполнения тренировки от пациента требуется концентрация внимания, работа кратковременной зрительной памяти, многократное совершение зрительного поиска. В результате у него развиваются зрительная работоспособность и зрительно-моторные реакции.

В ряде исследований показано, что скорость аккомодации, как правило, достигает хороших показателей, когда пациент может легко «прояснять» изображения при сферах $\pm 2.5 D$. Заметное увеличение амплитуды аккомодации наступает в первые четыре недели тренировок (12 занятий). Если этого не произойдёт, можно предположить или плохое соблюдение условий тренировок, или необходимость уточнения диагноза.

Повышение остроты зрения в результате тренировок у пациентов с миопией происходит за счёт улучшения работы аккомодации, но без изменения ошибки рефракции. Поэтому, после завершения лечения им необходимо объяснить важность гигиены зрения: соблюдения правильного расстояния наблюдения, освещённости и перерывов в работе.

К сожалению, пациенты, как правило, не имеют возможности уменьшить объём зрительной работы и не соблюдают режим зрительных нагрузок. Поэтому улучшение не скорректированной остроты зрения не является длительным. В этом случае рекомендуется регулярное проведение тренировок – 2-3 курса в год. Это позволит предупредить или снизить уровень прогрессирования миопии.

3.2. Лечение амблиопии

Амблиопию можно определить, как снижение остроты зрения при полной коррекции ошибки рефракции при отсутствии глазной патологии, которая могла бы влиять на центральную остроту зрения. Условия, приводящие к функциональной амблиопии, хорошо известны и включают косоглазие, анизометропию, гиперметропию средней и высокой степени, астигматизм, катаракту и другие формы зрительной депривации. Эти дефекты ослабляют затронутый амблиопией глаз в процессе конкуренции с лучшим глазом при развитии нейронных связей в зрительной коре. Из-за аномального бинокулярного взаимодействия у пациентов наблюдается снижение остроты зрения, контрастной чувствительности, ослабление бинокулярных функций (повышение порогов стереозрения, затруднения в точном определении пространственной локализации объектов), замедление смены фиксации взора, прослеживающих движений глаз и др.

При лечении традиционными методами, повышение остроты зрения амблиопического глаза чаще всего достигается с помощью окклюзии лучшего глаза и активизации зрительной нагрузки амблиопического глаза. Такой подход используется много десятков лет и даёт хорошие результаты, но лечение идёт довольно медленно и длительное заклеивание лучшего глаза создаёт психологический дискомфорт, как у детей, так и у родителей.

Для лечения амблиопии методами развивающей компьютерной оптометрии предназначены интерактивные программы нового поколения «**Цветок**» и «**Колесо удачи**», позволяющие за короткое время выполнять большое количество упражнений.

Программу «**Цветок**» рекомендуется использовать для повышения остроты зрения амблиопического глаза. Тренировки проводятся монокулярно, при полной коррекции ошибки рефракции амблиопического глаза (!); ведущий глаз во время тренировки должен быть заслонён окклюдором. Цель тренировок – уровнять остроту зрения ведущего и амблиопического глаза и развить её до возрастной нормы. Так как возрастная норма остроты зрения у детей старше пяти лет превышает 1.0, то остроту зрения ведущего глаза надо определять не до 1.0, а до порогового уровня.

Тренировочное поле представляет собой изображение цветка. В центре цветка располагается ключевой стимул. Задача пациента – определить отличительные признаки ключевого стимула и найти на лепестках цветка точно такой же объект, расположенный среди сходных маскирующих изображений (краудинг-эффект¹⁾). Выполнение задания требует концентрации и быстрого переключения внимания, координированных движений руки под контролем глаз. Каждая тренировка состоит из четырёх этапов с постепенно повышающимся уровнем сложности. За одну тренировку, длящуюся 10-12 минут, пациент выполняет от 75 до 100 зрительных поисков. Наличие обратной связи, начисление очков за правильные ответы и индикатор времени, отведенного на выполнение задания, не позволяют детям отвлекаться и заставляют работать в заданном темпе. Такая зрительная нагрузка очень эффективна для детей с амблиопией, так как у них, кроме снижения остроты зрения, как правило, наблюдается неустойчивая фиксация и замедление прослеживающих движений глаз. Опыт работы показывает, что после 10-12 тренировок (1000-1200 поисков) у детей с амблиопией средней и слабой степени острота зрения амблиопичного глаза повышается на 1-2 строчки, что свидетельствует об уменьшении тормозных зон центральных нейронов. При амблиопии высокой степени для получения положительной динамики требуется больше времени.

Следует иметь в виду, что лечение амблиопии не ограничивается нормализацией остроты зрения амблиопичного глаза. Чтобы установить равноправие между глазами, необходимо ликвидировать интерокулярное подавление, развить до нормы и довести до автоматизма работу бинокулярных функций (резервы фузии, стереозрение и др.). Только при этих условиях результат лечения будет эффективным и длительным. Если этого не сделать, острота зрения амблиопичного глаза может вновь понизиться.

Для выработки продуктивного интерокулярного взаимодействия рекомендуется использовать программу **«Колесо удачи»**, в которой лечение амблиопии проводится при бинокулярном наблюдении игрового поля и монокулярном предъявлении тест-объектов только амблиопичному глазу. Для разделения полей зрения левого и правого глаза используются тренировочные очки с красными и синими/зелёными фильтрами, которые надеваются поверх собственных очков пациента. Красный фильтр располагается перед амблиопичным глазом.

Программа состоит из четырёх подпрограмм. Для повышения остроты зрения предназначены подпрограммы **«Колесо удачи»** (поиск одинаковых объектов в условиях краудинга) и **«Найди отличия»** (определение различий между объектами и группами объектов). Подпрограмма **«Лабиринт»** предназначена для снятия интерокулярного подавления и выработки продуктивной совместной работы двух глаз. Монокулярное предъявление тест-объектов только амблиопичному глазу и необходимость выполнения когнитивных действий, обеспечивающих успешное выполнение задания, приводит к вынужденному активному взаимодействию нейронов зрительных центров мозга с амблиопичным глазом. Благодаря этому происходит повышение рейтинга амблиопичного глаза, что приводит к перестройке межнейронных связей в зрительных центрах мозга, и зрительная система начинает нормально функционировать. Для развития стереозрения используются упражнения из подпрограммы **«Найди отличия»** и подпрограмма **«Салют»**.

Программа **«Колесо удачи»**, в первую очередь, предназначена для восстановления зрительных функций при анизометропической и билатеральной рефракционной амблиопии и/или при непостоянном косоглазии. Ряд упражнений можно использовать и при постоянном косоглазии, но в этих случаях следует использовать окклюдор для ведущего глаза.

¹⁾ В психофизических исследованиях установлено, что опознание объекта затруднено, если в поле зрения находятся другие сходные по размеру объекты (краудинг эффект). Показано, что краудинг-эффект имеет центральную причину, и при амблиопии выражен сильнее, чем в норме из-за увеличения тормозных зон нейронов. Размер тормозных зон не является величиной постоянной, а благодаря пластичности нервной системы, может уменьшаться в результате активных тренировок. Эти данные были положены в основу принципа лечения амблиопии в программе **«Цветок»**.

В ходе тренировок по программам «**Цветок**» и «**Колесо удачи**» у пациентов не только повышается острота зрения, но и вырабатываются навыки быстрого произвольного переключения внимания при смене тест-объектов, улучшается точность фиксации взора, развивается глазодвигательная система и зрительно-моторная координация, увеличивается скорость и точность зрительного прослеживания, поиска и локализации объектов, расширяется перцептивное поле.

Так как тренировочные упражнения носят игровой характер, они нравятся детям. Возможность самостоятельно управлять тренировкой и отслеживать по графикам результаты повышает их мотивацию к дальнейшим тренировкам (желание «победить» компьютер). Предложенные упражнения могут использоваться для развития и тренировки зрительного восприятия, зрительного внимания, прослеживания и др., не только у детей с амблиопией, но и при нормальной остроте зрения.

Показателями вылечивания амблиопии могут служить:

1. одинаковая острота зрения обоих глаз и одинаковая скорость ответов при чтении таблицы амблиопичным и ведущим глазом;
2. свободная смена фиксирующего глаза при чтении;
3. восстановление работы бинокулярных функций до показателей возрастной нормы.

3.3. Лечение косоглазия

Косоглазием называется такое состояние, при котором глаза не смотрят в одну точку пространства, т.е. один глаз постоянно или временно поворачивается внутрь, наружу, вверх или вниз. При косоглазии моторная и сенсорная фузия становятся невозможной, так как, во-первых, на корреспондирующие точки сетчатки попадают разные объекты и, во-вторых, один и тот же объект виден в разных точках пространства, что вызывает двоение. Но дети с косоглазием, как правило, не жалуются на двоение, так как зрительные образы воспринимаемые косящим глазом подавляются. Это происходит в зрительной коре из-за активного торможения сигналов, поступающих от сетчатки косящего глаза, о чём свидетельствуют результаты электрофизиологических и психофизических исследований. В медицинской практике это явление называется функциональной скотомой. Наиболее сильное подавление встречается при альтернирующем косоглазии (тотальная скотома), среднее - у амблиопов с косоглазием и слабое - у амблиопов при анизометропии. Скотома подавления захватывает область фовеа, а периферия бинокулярного зрительного поля может участвовать в процессе зрения. Когда фиксирующий глаз закрыт, и необходимости в подавлении нет, то скотома подавления исчезает, и пациенты могут видеть амблиопичным глазом, но при этом дефицит восприятия становится очевидным.

Программа «**Клинок**», реализует все традиционные процедуры лечения на синоптофоре, но позволяет использовать и ряд новых режимов стимуляции. Для комфортного режима тренировок в программе предусмотрена возможность выбора цветового режима, позволяющего уменьшить бинокулярную конкуренцию по цвету и снизить утомляемость. При наличии вертикального компонента косоглазия программа обеспечивает одновременное уменьшение горизонтального и вертикального углов косоглазия, что на синоптофоре осуществить очень сложно. Возможность картирования функциональных скотом, позволяет проводить полную их ликвидацию, а не только в горизонтальном направлении, как при лечении на синоптофоре. Для разделения левого и правого полей зрения применяются очки с красными и синими узкополосными фильтрами.

При получении бифовеального слияния объектов в нулевом положении для закрепления бинокулярного зрения следует постепенно снижать частоту мельканий, уменьшать размеры объектов и увеличивать расстояние наблюдения (удаление от монитора). Для упрочнения фузии следует сразу развивать резервы фузии (при эзофории – отрицательные, а при экзофории – положительные).

После восстановления прочной фузии при аккомодационном и непостоянном косоглазии, как правило, удаётся развить бинокулярные зрительные функции в полном объёме с помощью тренировок по программам «**Колесо удачи**» (снятие интерокулярного подавления), «**Трест**» (восстановление стереозрения, в некоторых случаях даже при малых остаточных углах косоглазия) и «**Краб**» (развитие горизонтальных фузионных способностей).

Процесс выработки совместной работы глаз труден, требует много времени и усилий, но это сделать необходимо, так как у пациента может развиться вторичное косоглазие. На первом этапе лечения тренировки проводятся 3-5 раз в неделю до постановки глаз в ровное положение и развития бинокулярных функций. Когда будут получены максимально возможные результаты, можно перейти к курсовому лечению 2-3 раза в год.

3.4. Развитие резервов фузии

Процесс интеграции сигналов от двух сетчаток, приводящий к формированию единого образа, называется **бинокулярная фузия**. Фузия всегда осуществляется в зрительных центрах мозга и возможна только тогда, когда левое и правое изображения хорошо согласованы. Для сохранения единичного образа при малых углах бинокулярного рассогласования, совершаются одновременные рефлекторные повороты глаз в противоположных направлениях, обеспечивающие смещение диспаратных зрительных образов в зону Панума, где они могут быть сфузированы. Этот механизм называется фузионной **вергенцией** (конвергенцией при движении глаз внутрь и дивергенцией – наружу). Предельные величины углов между максимальной конвергенцией и максимальной дивергенцией глаз, при которых сохраняется возможность фузии, называется **амплитудой резервов фузии**. Хорошее развитие резервов фузии обеспечивает устойчивость бинокулярного зрения и позволяет длительное время совершать зрительную работу на близком расстоянии не испытывая симптомов утомления.

Оценку и тренировку резервов фузии компьютерными методами можно проводить с помощью программ «**Клинок**» и «**Краб**». В программе «**Клинок**» используются только 2D объекты, поэтому она продуктивна при косоглазии, после выработки бификсации. В программе «**Краб**» предложен большой набор тест-объектов, включающий двухмерные (2D) и трехмерные (3D) силуэтные и контурные изображения, иллюзорные стимулы, стереограммы из случайных точек, а также динамические стимулы. Тренировки на светлом поле снижают утомляемость и интерокулярное подавление. Если пациент носит очки для коррекции ошибки рефракции, то очки с цветными фильтрами надеваются поверх его очков.

Пациенту в центре экрана предъявляют одинаковые или различающиеся лишь мелкими деталями совмещённые левый и правый стимулы, а затем начинают провоцировать сведение или разведение зрительных осей глаз путем прямого изменения угла между объектами, предъявляемыми правому и левому глазу. Испытуемый должен при этом прилагать усилия для сохранения целостности образа; процедуру прекращают, когда единый образ распадается на два. Первыми следует измерять дивергентные (отрицательные) резервы фузии, а затем конвергентные (положительные). Важным показателем фузионного потенциала является точка восстановления фузии после распада единого тест-объекта, так как она свидетельствует о способности пациента произвольно восстанавливать фузию на основании сенсорной информации. Результат фиксируется при вербальном ответе пациента. Как показывает практика, дети не всегда своевременно сообщают о двоении тест-объекта. Поэтому маленьких детей (3-4 года) надо попросить в момент нарушения фузии или стукнуть ладошкой по столу, или сказать какое-либо условное слово, например – «стоп». Тестирование можно проводить, только если вы убедитесь, что пациент понял инструкцию. Иногда дети, понимающие инструкцию, намеренно отвечают с опозданием, чтобы «улучшить» свои результаты. Единственным методом объективной оценки резервов фузии может служить компьютерная процедура с использованием случайно-точечных стереограмм с меняющимися тест-объектами, предложенная среди тренировочных процедур в программе «**Краб**».

Тренировка должна длиться не более 10 – 15 минут. Когда пациент научится делать произвольные усилия для сохранения фузии (примерно с третьей тренировки) увеличивайте

количество выполняемых упражнений до 15-20 за тренировку. Следует предупредить пациента, что после первых тренировок он может почувствовать некоторый дискомфорт из-за напряжения глазодвигательных мышц, который в ходе тренировок быстро исчезнет. При получении нормальных показателей (положительные резервы 12-15⁰, отрицательные – 6-8⁰), следует постепенно уменьшать размеры стимулов и менять скорость их передвижения. Затем переходите к тренировкам при увеличении расстояния до монитора. Курс занятий должен состоять не менее чем из 12- 15 тренировок.

Тренировки по программе «**Краб**» будут продуктивны для пациентов с непостоянным косоглазием и при нарушении бинокулярных функций, не связанных с косоглазием (гетерофория, недостаточность конвергенции, спазм аккомодации, пресбиопия и др), а также при наличии астенопических симптомов (зрительном напряжении, непостоянном расплывании или двоении объектов, снижении концентрации внимания, головной боли и т.д.).

3.5. Развитие стереозрения

Зрительная система человека имеет замечательную способность получать из двух двумерных сетчаточных образов трехмерное изображение. Так как глаза смотрят из разных точек пространства (определяемых межзрачковым расстоянием), то образы одной и той же зрительной сцены, воспринимаемые правым и левым глазом в перспективе несколько смещены. Эти два образа передаются в мозг, где бинокулярные нейроны коры (поле V1) сопоставляют и фузируют правое и левое изображения, а их смещение (диспаратность) интерпретируют, как смещение по глубине. Это и есть стереозрение или стереопсис. Минимальный угол диспаратности правого и левого изображения, при котором зрительная система способна воспринять глубину называется порогом стереозрения. Он измеряется в угловых секундах. У детей стереоострота начинает развиваться в первые месяцы жизни (3-4-й месяц) и к пяти годам достигает порога 60 угл. с. У взрослых в норме средние показатели порогов составляют 15-30 угл. с.

Нарушения бинокулярного зрения приводят к частичной или полной утрате стереозрения. Хорошо известно, что при постоянном косоглазии стереозрение отсутствует. При амблиопии средней и высокой степени, при анизометропии и астигматизме высокой степени стереозрение может находиться в зачаточном состоянии. Нарушения бинокулярного зрения, не связанные с косоглазием внешне малозаметны и часто остаются недиагностированными. Оптометрическое тестирование показывает, что такие нарушения встречаются, примерно, у 12% населения. Однако эти нарушения влияют на развитие мелкой моторики, на обучение, на успешность занятий спортом, недопустимы для ряда профессий и создают зрительный дискомфорт в повседневной жизни. Чтобы своевременно выявлять нарушения бинокулярных функций, тестирование стереозрения включено в программы всех современных зрительных скринингов.

Для коррекции и развития стереозрения рекомендуется использовать программы «**Чибис**» (ЧИсто БИнокулярная Система) и «**Трест**» (ТРЕнировка СТереозрения).

В программе «**Чибис**» для стимуляции бинокулярных механизмов используются стереограммы из случайных точек (СТС), составленные из пары изображений (каждое для своего глаза), которые надо рассматривать в очках с разделительными фильтрами. В стереограмме закодировано «спрятанное» изображение тест-объекта, не видимое при монокулярном рассматривании. Увидеть тест-объект выступающим перед/за фоном стереограммы, можно только при согласованной работе двух глаз. Лечебный эффект достигается за счет повышения контраста тест-объекта, предъявляемого амблиопичному глазу в условиях его наблюдения двумя глазами через цветные фильтры. Такая ситуация повышает рейтинг амблиопичного глаза в центральных отделах зрительной системы и приводит к постепенному признанию равноправия обоих глаз, а параллельно с этим – к

появлению продуктивного бинокулярного взаимодействия и развитию стереозрения. Использование СТС делает возможным объективно проследить динамику лечения. Тренировки по программе «**Чибис**» позволяют развить стереозрение в полном объёме при не оперированном расходящемся косоглазии, амблиопии (без косоглазия), непостоянном косоглазии, гетерофории, нарушении конвергенции и др. У детей с приобретенным сходящимся косоглазием развитие стереозрения может потребовать больше усилий, но его удастся восстановить, если лечение проводится сразу после появления косоглазия.

В ряде психофизических исследований было показано, что при длительном нарушении бинокулярных функций (косоглазие, анизометропия и амблиопия средней или высокой степени) восприятие статических стереообъектов отсутствует или находится в зачаточном состоянии. Поэтому таких пациентов рекомендуется тренировать по программе «**Трест**», в которой используются динамические стереообъекты, движущиеся по глубине. Диапазон диспаратностей для предъявления стимулов очень широк - от 50 до 2400 угл с. Эффективными зрительными стимулами для развития и коррекции стереозрения служат контурные и случайные-точечные динамические стереограммы. В программе имеется четыре подпрограммы - «**Шары**», «**Хоровод**», «**Мозаика**» и «**Вьюга**». В первых трёх, предусмотрена возможность проведения тренировок в ручном и автоматическом режимах.

Тренировки, проводимые с помощью программы «**Трест**», позволяют развивать стереозрение у пациентов с микрокосоглазием, с остаточными послеоперационными углами косоглазия, не превышающими 5 - 7° (если перед операцией у пациента восстановлена фузия), с непостоянным косоглазием и с травматическим косоглазием. Курс восстановления стереозрения не ограничивается определенным количеством занятий, а проводится до тех пор, пока наблюдается положительная динамика. Хорошим признаком для прогноза успеха лечения является бинокулярный характер зрения для близи (для расстояния наблюдения < 50см). Тренировки следует проводить регулярно, не менее 2-3-х раз в неделю. Кроме того, тренировки стереозрения рекомендованы при нарушениях, не связанных с косоглазием: при амблиопии, гетерофории, нарушении аккомодации и/или конвергенции, при пресбиопии, людям, имеющим большую зрительную нагрузку и испытывающим астенопические симптомы.

Наличие стереозрения, даже развитого не в полном объеме, все равно очень важно для пациентов, так как снижает риск развития амблиопии высокой степени и препятствует увеличению угла косоглазия,

3.6. Развитие зрительной работоспособности

Дети с функциональными нарушениями бинокулярных функций и работы глазодвигательной системы учатся в общеобразовательных школах вместе с нормально видящими детьми. При этом они испытывают большие трудности при обучении (особенно в начальной школе) так как у них снижена зрительная работоспособность, и выполнение любого задания (чтение, письмо, списывание с доски, зрительное прослеживание, зрительный счёт и т.д.) требует у них большего времени, чем у нормально видящих ровесников.

«**Кодинг**» - интерактивная компьютерная программа, действие которой основано на стимуляции интенсивной координированной деятельности глазодвигательной и зрительной систем. Практика тренировок по программе «**Кодинг**» показала, что они очень эффективны для детей с функциональными нарушениями зрения, особенно с затруднениями при смене фиксации взгляда, нарушением зрительного прослеживания и снижением концентрации внимания. В ходе тренировок ребёнку предлагается последовательно кодировать фигурки зрительного ряда стрелками разной ориентации в соответствии с образцом. Эти коды он должен проставлять нажатием соответствующих клавиш, расположенных компактной группой на клавиатуре компьютера. В процессе

работы в программе используется возможность компьютера менять коды (направления стрелок) и положение тест-объектов в образце, а также изменять положение образца (в верхней части экрана или в углах экрана) на каждом шаге работы. Благодаря этому ребёнок не может работать по памяти, а вынужден на каждом шаге работы совершать перемещения взора в разных направлениях и на разных расстояниях наблюдения по схеме: объект – образец – клавиатура – объект. Таким образом, кодирование одного объекта требует трёх смен фиксации; кодирование одной строчки (11 объектов) – 33-х фиксаций. За одну тренировку (кодирование 10 строчек) ребёнок совершает 330 смен фиксации взора, а за 10 тренировок – 3300 фиксаций. Такая активная зрительная работа соответствует нагрузке при чтении, так как её выполнение требует длительной точной работы на близком расстоянии, частых перемещений взора, хорошей фокусировки и фиксации текста.

Результаты экспериментальной работы, проведённой в специализированном детском саду для детей с нарушением зрения, показали, что даже при небольшом количестве тренировок ($n = 10$) у детей с нарушениями бинокулярного зрения (косоглазие, амблиопия, анизометропия) зрительная работоспособность возрастает в 1.5- 2.5 раза. Это свидетельствует о том, что увеличение нагрузки на зрительную и глазодвигательную системы приводит к быстрому развитию зрительной работоспособности. Так как параметры процедур варьируются в широких пределах, и выполнение тренировок сопровождаются звуковой обратной связью, программа позволяет тренировать и детей со снижением остроты зрения, и слабовидящих детей. При тренировке слабовидящих детей удаётся добиться более активного участия зрения в поведении ребёнка.