

Рожкова Г.И., Грачева М.А., Рычкова С.И.

Оптимизация процедур функциональной коррекции бинокулярного зрения

Российский научно-исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, г. Москва;

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук, г. Москва

Функциональные методы коррекции бинокулярного зрения применяются давно и широко [1], но только в последние годы стала очевидной обязательность их использования при лечении каждого пациента с бинокулярными расстройствами. Для развития нормального бинокулярного зрения или восстановления нарушенных бинокулярных механизмов необходимо выполнение целого ряда условий, определяющих «равноправие» двух зрительных каналов и возможность их согласованной деятельности. Во-первых, оптика левого и правого глаз должна обеспечивать соответствие пары сетчаточных изображений по размерам, яркости, цвету и чёткости; во-вторых, оба канала должны иметь одинаковые функциональные показатели – остроту зрения, контрастную чувствительность, временные характеристики; в-третьих, окуломоторные системы обоих глаз должны обеспечивать свободное движение каждого глазного яблока во всём нормальном физиологическом диапазоне, а центральные механизмы управления их совместными движениями должны точно координировать повороты зрительных осей глаз и их нацеливание на объект наблюдения; в-четвёртых, мозговые механизмы совместного анализа левого и правого изображений должны обеспечивать фузию – формирование единого бинокулярного пространственного образа. Нарушение хотя бы одного из этих условий может вызвать развитие амблиопии и/или косоглазия.

Поскольку лечебное воздействие должно быть направлено в первую очередь на устранение или компенсацию конкретного дефекта, функциональные методы лечения бинокулярных расстройств естественно подразделить на оптические (компенсация дефектов фокусирующих механизмов – коррекция рефракции и тренировка аккомодации), плеоптические (улучшение нейросенсорных характеристик худшего зрительного канала), окуломоторные (восстановление подвижности глаз в полном объёме и правильной координации их движений) и фузионные (тренировки механизмов формирования

единого бинокулярного образа и стереоскопического зрения). Не останавливаясь на описании отдельных методов функционального лечения, охарактеризуем наметившиеся направления модернизации и оптимизации, используя указанную классификацию, в основе которой фактически лежит представление о локализации нарушенных механизмов. В *табл. 1* даны краткие формулировки этих направлений, а ниже приведены некоторые пояснения и ссылки на экспериментальные данные.

Таблица 1

**Направления оптимизации функционального лечения
амблиопии и косоглазия с учётом
современных представлений и технических возможностей**

Методы лечения	Направления оптимизации
Оптические	Применение гиперкоррекции в случаях гиперметропии или миопии и стимулирующей дефокусировки в отсутствие аномалий рефракции с использованием линз, соответствующих типу косоглазия.
Плеоптические	Внедрение виртуальной окклюзии – полной, частичной и мозаичной. Использование адаптивных тренировочных программ. Проведение тренировок при разных расстояниях наблюдения, в особенности – в диапазоне около 1 м.
Окуломоторные	Использование компьютерных комплексов с несколькими дисплеями, распределенными по полю зрения. Сочетание стимулирующих программ с регистрацией движений глаз.
Фузионные	Развитие фузионных способностей в условиях контроля конвергенции. Поэтапное развитие различных фузионных механизмов с использованием альтернирующего предъявления левых и правых стимулов различной степени сложности.

Оптические методы. К настоящему времени убедительно доказано, что для лечения рефракционного сходящегося косоглазия, как правило, достаточно обеспечить надлежащую оптическую коррекцию, не прибегая к хирургическим методам даже при больших углах девиации оси косящего глаза. Поскольку очевидная причина такого косоглазия – недостаточная сила ежедневных корригирующих линз (приводящая вследствие физиологической взаимосвязи конвергенции и аккомодации к избыточной конвергенции, обусловленной безуспешными попытками пациента добиться чёткости сетчаточных изображений за счёт перенапряжения аккомодационного аппарата), назначение правильных очков должно снимать проблему. Однако выработанная привычка к перенапряжению аккомодации может замедлять процесс нормализации бинокулярного зрения, поэтому на первых сеансах лечения во многих случаях рационально использовать плюсовую гиперкоррекцию, которая даёт дополнительный стимул к снижению напряжения аккомодационного аппарата и уменьшению угла конвергенции. Аналогичным образом можно обосновать и необходимость минусовой гиперкоррекции при расходящемся косоглазии. Более того, как показали проведенные нами исследования [2], даже в случаях, когда в монокулярных условиях наблюдения никакой оптической коррекции не требуется, на начальном этапе бинокулярных тренировок целесообразно использовать избыточные плюсовые линзы при сходящемся косоглазии и минусовые – при расходящемся. Создаваемый дефокус стимулирует процесс нормализации бинокулярных механизмов – он не только облегчает слияние левого и правого изображений, но и нужным образом воздействует на механизм вергенции.

Плеоптические методы. Последние данные зарубежных и отечественных исследований дают основания полагать, что регулируемая «виртуальная окклюзия» – т.е. незаметное выключение лучшего глаза из акта зрения посредством современных способов сепарации изображений стереопары – может давать существенно лучшие результаты, нежели классическое реальное выключение лучшего зрительного канала из работы путём заклеивания (заслонения) глаза пациента. Впечатляющие данные, иллюстрирующие преимущества сепарационных методов окклюзии, приведены в работах [3, 4]. Дополнительным достоинством виртуальной окклюзии является возможность реализации сложных схем окклюзии (например, мозаичной, переменной, случайной) и разнообразных адаптивных компьютерных процедур функционального лечения.

Кроме того, как показали наши исследования, одним из способов повышения эффективности тренировок, направленных на развитие бинокулярных функций, является варьирование рабочего расстояния. В связи с тем, что эффект тренировок в большинстве случаев достигает максимума в окрестности 1 м [2], целесообразно чаще включать тренировки и измерения именно на этом расстоянии в курс функционального лечения.

Окуломоторные методы. На сегодняшний день комфортность и точность доступных приборов для записи движений глаз достигла уровня, достаточного для оценки показателей, необходимых для дифференциальной диагностики косоглазия [5], и даже микрострабизма (фиксационной диспаратности). Однако потенциал этих средств не исчерпывается диагностическими возможностями: появление интерфейсов, основанных на регистрации движений глаз пациента, позволяет повышать интерактивность тренировочных процедур, что может существенно улучшить результаты лечения.

Фузионные методы. За исключением бинариметрии, традиционные методы развития фузионных механизмов, например – с использованием синоптофора или компьютерных программ, не предусматривают контроля состояния конвергенции глазных осей, что может снижать эффективность процедур. Этот недостаток может быть устранен благодаря использованию современных средств регистрации движений глаз: полученная информация о состоянии конвергенции может быть использована в цепи обратной связи для оптимизации тренировочных упражнений.

Последние экспериментальные данные [6] свидетельствуют о перспективности развития фузионных механизмов с использованием метода альтернирования на основе современных технологий. Последовательное предъявление левых и правых стимулов возрастающей сложности может обеспечить поэтапное развитие различных фузионных механизмов.

Современные технологии в функциональном лечении. Бурно развивающиеся компьютерные средства предоставляют широкие возможности для совершенствования процедур функциональной коррекции. Это совершенствование стимулируется внедрением телемедицины (использования средств дистанционного обмена информацией в целях лечения и диагностики), значительным прогрессом игровых стратегий для различных процедур (что повышает вовлеченность пациентов в коррекционный процесс, делает тренировки эффективнее и снижает нагрузку на врача), расширением технологического

арсенала применяемых средств (в современных играх используются уже не только мышки и клавиатуры, но и различные джойстики, системы записи движений глаз и даже нейроинтерфейсы, ориентирующиеся на сигналы ЭЭГ). Однако с точки зрения функциональной коррекции бинокулярного зрения наиболее важный вклад вносит прогресс доступных средств дихоптического предъявления стимулов. Качество современных методов сепарации делает коррекционные тренировки гораздо более комфортными и эффективными. Исходя из имеющегося опыта использования разных сепарационных технологий, в качестве наиболее перспективной можно рекомендовать поляризационную технологию на основе круговой поляризации, которая лишена очевидных недостатков цветовой сепарации (бинокулярной конкуренции из-за различия по цвету), линейной поляризационной технологии (зависимости качества сепарации от угла наклона головы) и временной технологии сепарации (возникновения дискомфорта из-за несовершенной синхронизации и особенностей внешнего освещения).

Литература

1. Пильман Н.И. Функциональное лечение косоглазия у детей. – Киев: «Здоров'я», 1964. – 225 с.
2. Рожкова Г.И., Рычкова С.И., Грачева М.А., Тахчиди Х.П. Индивидуальная оптимизация функциональной коррекции нарушенного бинокулярного зрения // Сенсорные системы. – 2015. – № 4 (в печати).
3. Li J., Thompson B., Deng D., Chan L.Y., Yu M., Hess R.F. Dichoptic training enables the adult amblyopic brain to learn // *Curr. Biology*. – 2013. – Vol. 23, No. 8. – P. R308–R309.
4. Li S.L., Jost R.M., Morale S.E., Stager D.R., Dao L., Stager D., Birch E.E. A binocular iPad treatment for amblyopic children // *Eye*. – 2014. – Vol. 28, No. 10. – P. 1246–1253.
5. Alio J.L., Laria C. Video-oculography: A new perspective of ocular motility for strabismology // *Instant Clinical Diagnosis in Ophthalmology—Strabismus* / Eds Garg A., Rosen E., Crouch R.E., Prost O.E. New Delhi: Jaypee Brothers Med. Publ., 2007. – P. 373–398
6. Рычкова С.И. Частотные пороги восприятия стереобразов при попеременном предъявлении левого и правого изображений стереопары у детей // *Физиология человека*. – 2015. – Т. 41, № 1. – С. 1-9.