ISSN 1816-5095 (print); ISSN 2500-0845 (online)
doi: 10.18008/1816–5095–2016–3–144–150

Поступила 16.07.15 received 16.07.15

Аппаратные средства лечения амблиопии

Б.Ф. Лаврентьев В.В. Роженцов

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Поволжский государственный технологический университет»,
пл. Ленина, 3, Йошкар-Ола, 424000, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ **Офтальмология. 2016;13(3):144–150**

Цель. Разработка прибора для лечения амблиопии с расширенными функциональными возможностями. **Методы.** Анализ функциональных возможностей и технических характеристик аппаратных средств для лечения амблиопии. Синтез многофункционального прибора. **Результаты.** В приборе используются полноцветные световые излучатели (светодиоды), что позволяет применять полную цветовую гамму излучения. Имеется несколько вариантов направления движения предъявляемых световых стимулов на экране: по горизонтальным линиям слева-направо или справа-налево, по вертикальным линиям снизу-вверх или сверху-вниз, по разным направлениям от центра экрана к его периферии или от периферии экрана к его центру, по окружностям или по спиралям по часовой или против часовой стрелки. Период движения предъявляемых световых стимулов изменяется в диапазоне от 0,25 до 4 сек. с шагом 0,25 сек., импульсная модуляция задается в диапазоне от 0 до 20 Гц, сила света регулируется в диапазоне от 0,1 до 3 мКд, длительность одного режима стимуляции задается в пределах от 1 до 7 мин. Особенностью прибора является многопрограммный режимы работы, при котором в одном сеансе используются несколько режимов, выполняемых последовательно друг за другом. Режимы работы подбираются лечащим врачом индивидуально для каждого пациента по результатам обследования. Наличие программного управления обеспечивает возможность перепрограммирования прибора при постановке новых задач. Светоизлучающий экран прибора может быть размещен в тубусе или выполнен выносным в форме прямоугольника, квадрата или круга. **Заключение.** Стимуляция зрительного анализатора проводится движущимися в разных направлениях или вращающимися световыми стимулами полной цветовой гаммы. Регулировка частоты модуляции и скорости движения стимулов позволяет изменять режим стимуляции во времени и в пространстве. Прибор можно использовать в клинических и домашних условиях для лечения амблиопии, миопии, зрительного компьютерного синдрома, а также для профилактики зрительного утомления.

Ключевые слова: амблиопия, лечение, приборы

Для цитирования: Лаврентьев Б.Ф., Роженцов В.В. Аппаратные средства лечения амблиопии. *Офтальмология.* 2016;13(3):144–150 doi: 10.18008/1816–5095–2016–3–144–150

Прозрачность финансовой деятельности: Никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах

Конфликт интересов отсутствует.

Instrumental treatment of amblyopia

B.F. Lavrent'ev, V.V. Rozhentsov

Volga Region State Technological University, 424000, 3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, Russia

ABSTRACT **Ophthalmology in Russia. 2016;13(3):144–150**

Purpose. To develop a device with broad functionality for treatment amblyopia. **Methods.** Analysis of functionality and technical characteristics of devices for amblyopia treatment and the development of multifunctional apparatus. **Results.** The full-color light transmitters (i.e., LEDs) are used in device. It provides the radiation withfull color spectrum. There are several directions of movement of stimuli which are presented on the display: horizontally from left to right or from right to left, vertically bottom-up or top-down, multidirectionally from the center of the display to the periphery or from the periphery of the display to the center, in a circumferential or helical pattern clockwise or counterclockwise. The period of motion of the stimuli varies from 0.25 to 4 seconds in increments of 0.25 seconds. Pulse modulation is 0-20 Hz. Light intensity is 0.1-3.0 cd. The duration of one treatment session is 1-7 min. The characteristic property of the device is multiprogram operating, i.e., several modes are switched consistently in the course of one

session. Operating modes are customized for each patient. Computer control provides reprogramming of the device when assigning new tasks. Light-emitting display can be placed in the cone or be made as external component (rectangular-, quadratic-, or round-shaped). **Conclusions.** Stimulation of visual analyzer is performed with full-color light stimuli which move in various directions or rotate. Adjustment of modulation frequency and movement rate of the stimuli allows to change stimulation mode temporally and spatially. The device can be used in clinical and domestic settings to treat amblyopia, myopia and computer vision syndrome as well as to prevent eye fatigue.

Keywords: amblyopia, treatment, devices.

For citation: Lavrent'ev B.F., Rozhentsov V.V. Instrumental treatment of amblyopia. *Ophthalmology in Russia.* 2016;13(3):144–150 doi: 10.18008/1816-5095-2016-3-144-150

Financial Disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interests.

ВВЕДЕНИЕ

По данным последних лет количество заболеваний органа зрения на территории РФ составляет 11 тыс. на 100 тыс. населения, уровень слепоты и слабовидения равен 19,08 на 10 тыс. населения [1], в структуре слабовидения у детей амблиопия занимает одно из ведущих мест и представляет серьезную медицинскую и социальную проблему [2].

Анализируя историю изучения проблем амблиопии, Н.В. Хватова и Н.Н. Слышалова отмечают, что многие авторы описывают это состояние не как заболевание, имеющее конкретную причину, а скорее, как совокупность признаков, складывающихся в синдром, что включает: увеличенную чувствительность к контурам, аномальные пространственные искажения, неустойчивую и неточную монокулярную фиксацию, слабую способность глаз к слежению, сниженную контрастную чувствительность, неточный аккомодативный ответ [3]. Если ранее полагали, что основным проявлением амблиопии является снижение остроты зрения, то по мере изучения патогенеза и клиники этого заболевания был выявлен ряд других свойственных ему расстройств свето- и цветоощущения, электрической чувствительности и лабильности [4].

В настоящее время среди механизмов нарушения зрительных функций при различных видах амблиопии большое значение придается аккомодативно-вергентному сотрудничеству — важнейшему физиологическому механизму бинокулярной функции, состояние которой влияет на динамическую рефракцию, а, соответственно, и на центральное зрение [2].

Однако, несмотря на значительные успехи в исследовании причин амблиопии, ее лечение, как считают О.Л. Фабрикантов и Ю.В. Матросова [5], на протяжении многих лет амблиопия продолжает оставаться одной из актуальнейших проблем детской офтальмологии, о чем свидетельствует большое количество публикаций на эту тему.

Цель работы — разработка прибора с расширенными функциональными возможностями для лечения амблиопии.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ АМБЛИОПИИ

В настоящее время для лечении амблиопии широко применяют приборы для свето- и цветостимуляции зрительного анализатора. Из них наибольшее распространение получили:

- аппарат паттерн-стимуляции «ПС-1» («Медоптика», Москва) [6], действие которого основано на стимуляции функций глаза световым потоком, сконцентрированным в узком спектральном диапазоне, формирующем растровую структуру (паттерн);

- комплект цветовой паттерн-стимуляции «Мозаика ПС-2» («Медоптика», Москва) [6], состоящий из трубы типа калейдоскопа и альбома с цветными мозаичными рисунками;

- приборы для цветоимпульсной терапии «АСО-1» (Социнновация «СИ», Москва) [6], «Визулон» [7], «Очки Сидоренко» [8], Очки-тренажеры «АСИСТ» [9], стимуляция сетчатки при этом обеспечивается ритмическим воздействием световых волн, исходящих из вмонтированных в очковую оправу миниатюрных лампочек со светофильтрами красного, желтого, зеленого и синего цветов;

- аппараты цветоимпульсной стимуляции и терапии «АСИР» [10], «Визулон АПК-01У» [11] и «Меллон-2 АПК-01У М2» [12], приставка «КАСКАД» в комплекте с аппаратом «АМО-АТОС» [13], амблиостимулятор «АИСТ-01ЛК» для ритмической фототерапии излучением в диапазоне видимого света [14];

- приборы КЭМ-стимуляции — макулостимуляторы «КЭМ-ЦТ» [6] и «Иллюзион» [15], использующие принцип лечения амблиопии, предложенный Кэмпбеллом, который заключается в активации всех уровней зрительной системы путем стимуляции частотно-контрастными стимулами;

- приборы «Панорама», «Амблиопанорама», «Стимул», «Плеоптокалейдоскоп» [6, 16] и др., в которых по предложению В.А. Розенберг стимуляцию амблиопичного глаза проводят путем засветов сетчатки фигурными «слепящими» полями или разноцветными полиструктурными стимулами в сочетании с использованием последовательных зрительных образов, возникающих после таких засветов.

Среди лазерных аппаратов для лечения амблиопии наиболее известны:

- установка стимуляции сетчатки «ЛАСТ-1» (МНППО «Нейрон», Уфа) [6]. Лечебный эффект установки обусловлен импульсным воздействием низкоинтенсивного твердотельного лазера с расфокусированным красным

пятном и формированием специальной микроструктуры поочередных светлых и темных пятен (спекл-поля);

- приборы «ЛАР», «МАКДЕЛ» [10], «Амблиоспекл РЛ-1» [6] и аппарат «Спекл-М» [17], создающие спекл-структуру на глазном дне наблюдателя, в аппарате «Спекл-М» воздействие спекл-структуры лазерного излучения совмещается с импульными засветами на частотах, соответствующих критической частоте слияния мельканий в синем, зеленом и красном частях спектра, что повышает эффективность лечебных процедур;

- приборы «АЗОР-2К» (ВИТОЗОР) [10], аппарат сканирующий «СМ–4» [16], аппарат лазеростимуляции и лазеротерапии «ЛОТ-01» [18], лазерный стимулятор «Сокол» [19] и др.

Применяются аппараты, в которых светостимуляция сочетается с тренировкой аккомодации — «Ручеек» («Медоптика», Москва), с тренировкой ослабленных глазодвигательных мышц — «Фотомиостимулятор» (ООО «Фосфен», Одесса) [6] и др. Для тренировки мышц глаза используется мускултренер офтальмологический периметрический «Саккада» [13], для тренировки аккомодационно-вергенционного аппарата глаз — офтальмомиотренажер-релаксатор «Визотроник М3» [2, 20].

Для тренировки координации движения «глаз-рука» используют аппарат «ТВО-1» (Световое перо) [21], который состоит из блока управления с манипулятором, внешне похожим на шариковую ручку, и альбома с рисунками. Лечебный эффект обеспечивается в процессе контролируемого обведения манипулятором наблюдаемого графического изображения.

Для комплексного воздействия на зрительный анализатор применяют локализатор-корректор, в котором зрительные раздражения сочетаются с акустическими, тактильными и проприоцептивными [13], светомагнитный стимулятор «МС-4» («Медоптика», Москва) [22], цветомагнитные стимуляторы «Медоптика-ЦМС 10» [18] и «ЦМС-11» («Медоптика», Москва) [22]. Для электромагнитной стимуляции применяют прибор «АТОС» и приставку «АМБЛИО-1», для стимуляции бегущим магнитным полем — «БИО-МАС» (ГУ МНТК «Микрохирургия глаза», Москва) [22].

Чрезкожную электростимуляцию выполняют с помощью прибора «АйНУР-03» (Россия, Уфа), электростимуляцию проводящих зрительных путей через веки (фосфенстимуляция) — с помощью приборов типа «Фосфен» — «Фосфен-1», «Фосфен-2» и «Фосфен-мини», предназначенных для индивидуального использования (ООО «Фосфен», Одесса) [22].

Для проведения рефлексотерапии (рефлексостимуляции) используют прибор «Фосфенэлектропунктура», который обладает комбинированным действием, сочетающим электропунктуру и традиционную фосфен-электростимуляцию биологически активных зон параорбитальной области (ООО «Фосфен», Одесса). В устройстве «КРОТА» (НПО «Нейрон», Уфа) терапевтическое воздействие на биологически активные точки осуществляется инфракрасным лучом, который проникает через кожу в ткани на глубину области расположения зон акупунктуры [22].

В последнее время для плеоптического лечения амблиопии разработан и применяется ряд компьютерных программ. Наиболее эффективными являются системы видеокомпьютерной коррекции зрения (ВККЗ) «Амблиотрон» (фирма «AYT Inc.», США) и его аналог — «Амблиокор» (фирма «Ин Витро», Санкт-Петербург) [6, 23]. В основу метода положена условно-рефлекторная технология, позволяющая восстановить контроль со стороны нервной системы за процессами, протекающими в зрительном анализаторе. Пока пациент смотрит фильм или мультфильм, снимается информация о работе глаз, одновременно фиксируется энцефалограмма. При этом изображение на экране сохраняется только во время «правильного, четкого» зрения и исчезает, как только оно перестает быть четким. Таким образом, прибор «заставляет» мозг подсознательно сокращать периоды нечеткого зрения.

Американские ученые для лечения амблиопии разработали экспериментальную игру в виде приложения для мобильных устройств iPad [24]. По словам руководителя исследования Э. Берч, полученные в последнее время данные показывают, что в отличие от традиционного подхода, при котором страдающий амблиопией глаз должен стремиться работать лучше, необходимо заставить оба глаза работать вместе. В разработанной игре нужно укладывать разноцветные блоки. Детям надевают специальные очки, стекла которых имеют разный цвет. Варьируя цвет линз и настройки для игры, исследователи добивались, чтобы оба глаза фокусировались на складываемых блоках.

В то же время при лечении амблиопии средней и высокой степени не всегда удается добиться существенного улучшения зрения [25]. Одной из причин этого, как считают О.Л. Фабрикантов и Ю.В. Матросова [5], является отсутствие непрерывности лечения. Во время прохождения курса лечения в клинических условиях ребенок получает комплекс процедур, и к концу курса острота зрения у него повышается. Однако к следующему курсу лечения острота зрения вновь снижается. Чтобы избежать отрицательной динамики зрительных функций, необходимо, по мнению авторов, обеспечить лечение в домашних условиях в перерывах между курсами лечения, проводимыми в условиях лечебного учреждения. Авторы проводили курс домашнего лечения в течение 2 месяцев с использованием разработанного устройства, в основе действия которого лежат принципы паттерн-стимуляции и цветотерапии (патент RU2438630,10.01.2012; патент RU2452437,10.06.2012). Использование предложенной методики лечения амблиопии в домашних условиях позволило не только избежать снижения остроты зрения в перерывах между курсами лечения в клинических условиях, но и повысить остроту зрения в среднем на 0,03.

Для лечения амблиопии в домашних условиях можно использовать упомянутые ранее такие приборы, как «Панорама» и «Амблиопанорама», аппарат «Стимул» и «ТВО-1», «Очки Сидоренко» и др.

Ряд авторов, исследующих эффективность различных методических подходов, как отмечают Т.К. Ботабекова и Н.С. Куртамбекова, делают выводы, что применение сложной и громоздкой аппаратуры бывает не всегда оправдано и результативно, поскольку близкие по эффективности результаты могут быть получены с применением доступных и относительно недорогих устройств [26, 27].

Вместе с тем, для полного восстановления зрительных функций, как считают Н.В. Хватова и Н.Н. Слышалова, амблиопичный глаз «требует» весь набор как специфических (вращающихся, движущихся, реверсивных, цветных и контрастных, временных и пространственных), так и неспецифических раздражителей [3].

ОПИСАНИЕ РАЗРАБОТАННОГО ПРИБОРА

На основе анализа известных приборов и собственного опыта по разработке приборов медицинского назначения разработан опытный экземпляр прибора с расширенными функциональными возможностями для лечения амблиопии [28]. Его можно использовать как в клинических, так и в домашних условиях.

В приборе используются полноцветные световые излучатели (светодиоды) трех основных цветов (красный, зеленый и синий), что позволяет применять полную цветовую гамму излучения. Имеется несколько вариантов направления движения предъявляемых световых стимулов на экране:

- по горизонтальным линиям слева-направо или справа-налево;
- по вертикальным линиям снизу-вверх или сверху-вниз;
- по разным направлениям от центра экрана к его периферии или от периферии экрана к его центру;
- по окружностям или по спиралям по часовой или против часовой стрелки.

Период движения предъявляемых световых сигналов может изменяться в диапазоне от 0,25 до 4 сек с шагом 0,25 сек, импульсная модуляция световых сигналов задается в диапазоне от 0 до 20 Гц. Сила света сигналов регулируется в диапазоне от 0,1 до 3 мКд, длительность одного режима стимуляции задается в пределах от 1 до 7 мин.

Особенностью прибора является многопрограммный режимы работы, когда в одном сеансе используются несколько режимов, выполняемых последовательно друг за другом. Режимы работы подбираются лечащим врачом индивидуально для каждого пациента. Наличие программного управления обеспечивает возможность перепрограммирования прибора при постановке новых задач.

Структурная схема прибора представлена на рисунке.

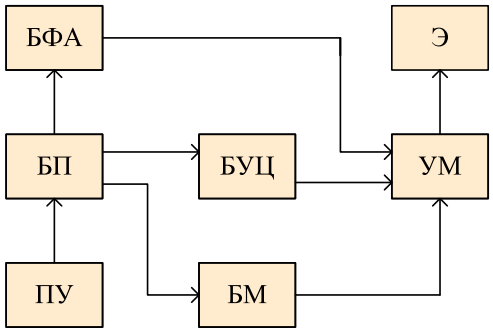

Схема структурная прибора.

БФА — блок формирования адреса, БП — блок программ, ПУ — пульт управления, БУЦ — блок управления цветностью, БМ — блок модуляции, УМ — усилитель мощности, Э — светоизлучающий экран.

Scheme structural device.

BFA — generating unitaddresses, BP — unit programs, PU — control unit, BUTS — control chromaticity, BM — block modulation, UM — power amplifier, E — light emitting display.

С помощью пульта управления (ПУ) задается один из 7 цветов радуги (красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий или фиолетовый) или любой из полной цветовой гаммы, направление и период движения предъявляемых световых стимулов, частота импульсной модуляции, сила света, очередность предъявления цветов и направлений движения стимулов, длительность сеанса лечения.

Блок программ БП в соответствии с заданными параметрами сеанса лечения формирует коды адресов светодиодов, их цвет, частоту модуляции и силы света. Блок формирования адреса (БФА) устанавливает начальный адрес светодиодов и затем текущие адреса в соответствии с заданными параметрами сеанса лечения, блок управления цветностью (БУЦ) задает цвет излучения светодиодов, блок модуляции (БМ) формирует частоту излучения, усилитель мощности (УМ) — сигналы, управляющие силой света светодиодов.

Светоизлучающий экран (Э) прибора может быть размещен в тубусе или выполнен выносным в форме прямоугольника, квадрата или круга.

ОБСУЖДЕНИЕ

Применение различных медикаментозных препаратов оказывает положительный эффект во всех случаях лечения амблиопии, однако не устраняет причин возникновения этой патологии [29]. Хирургические методики успешно устраняют причину рефракционной, анизометропической и обскурационной амблиопии и должны быть применены, по мнению Е.В. Сорокиной и В.Н. Красногорской [29], по показаниям в наиболее ранние сроки.

Консервативное лечение подразумевает методы усиления нагрузки на амблиопичный глаз путем временного ослабления или исключения из работы парного глаза — окклюзия, пенализация или атропинизация [29]. Недостатками данного метода являются длительность

лечения (от 1 до 2,5 года) и необходимость в проведении длительного мидриаза[4].

Важным этапом в лечении амблиопии явилось создание плеоптических методов — стимуляции зрительных функций с применением аппаратов различного принципа действия [29]. Большинство из них основано на использовании адекватных зрительному анализатору стимулов-раздражителей (световых, хроматических, лазерных и др.), а также неадекватных стимулов (электростимуляция, электромагнитная стимуляция, вибромассаж, рефлексотерапия и др.) [30].

Среди методов, использующих адекватные световые раздражители, известны [4]: метод скотомизирования ложнофиксирующего участка сетчатки с последующей стимуляцией макулярной зоны по А. Бангертеру, метод последовательных образов по К. Кюпперсу и метод локального «слепящего» раздражения центральной ямки сетчатки, разработанный Э.С. Аветисовым. Метод А. Бангертера не получил широкого распространения. Методы К. Кюпперса и Э.С. Аветисова в свое время широко применялись в практической работе. Однако они имели существенные недостатки, так как требовали обязательного медикаментозного мидриаза, выключающего аккомодацию, длительную экспозицию (20–30 сек.), понимания ребенком происходящего и анализ своих ощущений, что не позволяет использовать эти методы у детей младшего возраста. По данным разных авторов, как отмечают Т.А. Тимошенко и А.Л. Штилерман[4], указанные методы являются недостаточно эффективными.

Рассматривая нарушения цветоощущения как компонент амблиопии, ряд исследователей предлагает для ее лечения использование хроматических стимулов. Разработана методика раздражения макулы пульсирующим хроматическим светом, при этом последовательно применяли красный, желтый, синий и зеленый фильтры. Помимо этих цветов используются оранжевый и фиолетовый цвета. Частота пульсации составляет 3 Гц, а длительность экспозиции от 5 до 20 с [3].

Кроме цвето- и цветоимпульсной терапии используют структурированную цветоимпульсную макулостимуляцию, иридорефлексотерапию и др. Преимуществом данных методов лечения является их простота, физиологичность, отсутствие противопоказаний и осложнений, возможность применения в любом возрасте [4, 29].

Учитывая строение рецептивного поля и тот факт, что только изменение светового потока в пространстве или времени вызывает изменение реакции выходного нейрона, стимул должен носить структурированный характер. Отмечено, что лечение проходит успешнее при добавлении стимуляции амблиопичного глаза во время его окклюзии. Объяснить эффективность таких методик лечения стало возможно позднее, когда F.W. Campbell и J.G. Robson [31] на основе психофизиологических экспериментов впервые предположили, что восприятие изображений в зрительной системе происходит посредством множества параллельных каналов — фильтров пространственных частот, каждый из которых имеет свою полосу пропускания. Данная гипотеза оказалась продуктивной для понимания механизмов деятельности зрительной системы и была в дальнейшем подтверждена множеством нейрофизиологических и психофизиологических экспериментов. В частности, выявлены нейроны зрительной коры, рецептивные поля которых имеют свойства фильтров пространственных частот [32], т.е. установлен конкретный субстрат каналов, постулированных исследователями. На практике многоканальная теория зрения находит подтверждение в разнообразных клинических наблюдениях, указывающих на возможность изолированного поражения тех или иных каналов в зрительной системе. Примером подобных нарушений служат различные виды амблиопии [3, 30].

Наибольшую популярность приобрела лазерная стимуляция, которая в настоящее время занимает ведущее место среди других методов плеоптического лечения. Низкоинтенсивное лазерное излучение оказывает выраженное стимулирующее воздействие. Улучшая микроциркуляцию в тканях, оно способствует улучшению гемодинамики, оптимизирует трофические процессы, повышает энергетические возможности клеток и тканей, а следствием этого является повышение зрительных функций [30]. Недостаток этого вида стимуляции состоит в неадекватности лазерного излучения по своим физическим характеристикам и мощности естественному стимулу — световому излучению. Вследствие этого не исключается повреждающее воздействие на фоторецепторы сетчатки. При этом высокая стоимость оптико-механической аппаратуры ограничивает применение лазерной плеоптики в практической деятельности [4].

В лечении амблиопии успешно применяют физиотерапевтические процедуры: чрескожную электростимуляцию, фосфенстимуляцию и магнитостимуляцию сетчатки и зрительного нерва, магнитофорез и электрофорез спазмолитиков и сосудорасширяющих препаратов, воздействие на рефлексогенные зоны (рефлексотерапия), точечный массаж и вибростимуляцию [29]. Особенно широкое применение получил метод чрескожной электростимуляции проводящих путей зрительного анализатора, в основе которого лежит воздействие слабыми электрическими импульсами на сенсорный и нервно-мышечный аппарат глаза [4]. Однако эффективное стимулирующее действие физиотерапевтических процедур требует наличия широкого ряда специализированной аппаратуры [29].

В последнее время все более широкое применение в лечении амблиопии находят различные компьютерные методы, предназначенные, как для монокулярной, так и бинокулярной фотостимуляции [33]. Предложено проводить с помощью компьютера стимуляцию амблиопичного глаза реверсирующими стимулами в виде шахматного паттерна, клетки которого окрашены в оппонентные цвета. При этом цвет задается в соответствии с предварительно выявленным нарушением цветоощущения [3].

Разработан и внедрен в практику целый ряд компьютерных программ, из которых оптимальными для лечения амблиопии, по мнению Т.А. Тимошенко и А.Л. Штилерман[4], являются программа «Цветок», входящая в лечебно-диагностический комплекс «Академик», и комплекс программ «Плеоптика 2+», которая состоит из четырех программ: «Тир», «Льдинка», «Крестики» и «Галактика». Во всех компьютерных программах предусмотрено проведение лечебных процедур в игровой форме с активным участием пациента, что значительно повышает его заинтересованность и сокращает тем самым сроки лечения. Возможность широко варьировать и дозировать воздействие, меняя настройки и размер стимула, позволяет индивидуально подобрать лечение [4]. Широко и достаточно успешно используются видеокомпьютерные системы «Амблиокор», «Паучок», «Контур», «EYE», «STARSHIP» и др. [34].

Имея свои преимущества и недостатки, каждый из известных на сегодняшний день методов лечения амблиопии, воздействует на какую-то одну сторону патологического процесса. Комплексное применение различных методов оказывает разностороннее влияние на зрительный анализатор и способствует более выраженному эффекту стимуляции функций амблиопичного глаза [4, 29, 35, 36].

Таким образом, по мнению ряда авторов [4, 29], современная офтальмология располагает значительным арсеналом методов лечения амблиопии, комплексное использование которых обеспечивает улучшение и нормализацию зрительных функций у большинства пациентов. Однако интерес офтальмологов к этой проблеме не ослабевает, и поиск новых, более эффективных методов лечения и их комбинаций, по-прежнему является актуальным и вероятнее всего, будет продолжен [4, 29].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В разработанном приборе стимуляция зрительного анализатора производится движущимися в разных направлениях или вращающимися световыми стимулами полной цветовой гаммы с регулируемой частотой модуляции, силой света излучателей и скорости движения, что позволяет изменять режим стимуляции во времени и пространстве. Прибор может использоваться в клинических и домашних условиях для лечения амблиопии, миопии, зрительного компьютерного синдрома, а также для профилактики зрительного утомления.

ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

1. Sluvko E. L. [Myopia. Accommodation disorders are a disease]. Miopiya. Narushenie refraktsii eto bolezn'. [Astrakhan Annals of Ecological Education]. *Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya.* 2014;2(28):160-165. (in Russ.).
2. Zharov V. V., Lyalin A. N., Korepanova O. A., Kutergina M. R., Evseev V.S. [The effect of relaxing ocular muscle trainer "Vizotronik M3" on accommodation and sensorimotor functions in amblyopia]. Vliyanie lecheniya s pomoshch'yu oftal'momiotrenazhera relaksatora «Vizotronik M3» na akkomodatsionnye i sensorno-motornye funktsii pri ambliopii. [Clinical Ophthalmology]. *Klinicheskaya oftal'mologiya.* 2013;4:173-176. (in Russ.).
3. Khvatova N. V., Slyshalova N. N. [Treatment of amblyopia and trends of its development (a review)]. Lechenie ambliopii i tendentsii ego razvitiya. Obzor literatury. [Ophthalmic Surgery & Therapy]. *Oftal'mokhirurgiya i terapiya.* 2002;3-4:27-34. (in Russ.).
4. Timoshenko T. A., Shtilerman A. L. [Current methods of amblyopia treatment in children]. Sovremennye metody lecheniya ambliopii u detey. [Pacific Medical Journal]. *Tikhookeanskiy meditsinskiy zhurnal.* 2013;4:59-62. (inRuss.).
5. Fabrikantov O. L., Matrosova Yu. V. [Complex treatment of medium and high amblyopia in clinical and domestic settings]. Kompleksnoe lechenie ambliopii sredney i vysokoy stepeni v klinicheskikh i domashnikh usloviyakh. [Kuban' Scientific Medical Bulletin]. *Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik.* 2011;1:83-85. (in Russ.).
6. [Pleoptics to treat amblyopia]. Pleoptika — lechenie ambliopii. URL: http://zrenue.com/detskaja-oftalmologija/77-pleoptika-lechenie-ambliopii.html. [Application date 10.07.2015]. (data obrashcheniya 10.07.2015). (in Russ.).
7. [Pleoptics to treat amblyopia]. Pleoptika — lechenie ambliopii. URL: http://proglaza.ru/articles-menu/858-pleoptika.html. [Application date 10.07.2015].(in Russ.).
8. [Amblyopia]. Ambliopiya. URL: http://proglaza.ru/bolezniglaz/amblyopia.html. [Application date 10.07.2015].(inRuss.).
9. [Device for pulsed light eye stimulation and therapy. Training glasses "ASIST"]. Apparat svetoimpul'snoy stimulyatsii i terapii glaz. Ochki-trenazhery «ASIST». URL: http://www.ecomed.ru/catalog/163/347/204/851.html. [Application date 10.07.2015].(in Russ.).
10. [Treatment of amblyopia]. Lechenie ambliopii. URL: http://www.mntk.irkutsk.ru/page/top_menu/nashi_otdeleniya/otdelenie_ohrani_zreniya_detei/det_mi_lechim/mi_lechim_ambiopia/lechenie_ambiop.html. [Application date 10.07.2015]. (in Russ.).
11. [Device for pulsed color therapy "Vizulon APK-01U"]. Apparat tsvetoimpul'snoy terapii Vizulon APK-01U. URL: http://portime.ru/show/show.php?id=20605. [Application date10.07.2015].(inRuss.).
12. [Device for pulsed color therapy "MELLON-2 APK-01U M2"]. MELLON-2 APK-01U M2. Apparat tsvetoimpul'snoy terapii. URL: http://vidacom.ru/catalog/1/27/160.html. [Application date 10.07.2015].(in Russ.).
13. [Center of children's vision protection. Treatment instruments]. Tsentr okhrany zreniya detey. Lechebnaya apparatura. URL: http://clkz.ru/cozd/pages/lechenie/. [Application date 10.07.2015].(in Russ.).
14. [Amblyopic stimulator "AIST-01LK"]. Ambliostimulyator «AIST-01LK». URL: http://stimed.net/node/14. [Application date 10.07.2015 (in Russ.).
15. [Instrumental treatment]. Apparatnoe lechenie. URL: http://www.kroftoptica.ru/apparatnoe-lechenie. [Application date 10.07.2015].(in Russ.).
16. [Amblyopanorama]. Ambliopanorama. URL: http://foresight-agency.com/page-ambliopanorama.html. [Application date 10.07.2015].(inRuss.).
17. [Ophthalmotherapeutic laser apparatus for stimulating treatment of amblyopia and other refractive disorders in children and adolescents "Spekl-M"]. Apparat lazernyy oftal'moterapevticheskiy dlya lecheniya metodom stimulyatsii setchatki ambliopii i drugikh refraktsionnykh zabolevaniy u detey i podrostkov «Spekl-M». URL: http://www.lazma.ru/rus/catalog/prod.php?pid=2. [Application date 10.07.2015].(inRuss.).
18. [Equipment of clinic "Three-Z"]. Oborudovaniekliniki «Tri-Z». URL: http://tri-z.info/healthcare/trizor/equipment/. [Application date 10.07.2015].(inRuss.).
19. [Ocular disorders in children and their treatment. Amblyopia]. Detskie zabolevaniya glaz i ikh lechenie. Ambliopiya. URL: http://www.zir.com.ua/uslugi/lechenie_detskix_zabolevanij.html. [Application date 10.07.2015].(in Russ.).
20. Butolina O.E., Zharov V.V., Lyalin A.N., Repina L.S., Leonova E.V., Evseev V.S. [Outcomes of optic reflective therapy of age-related macular degeneration and glaucoma using apparatus "Vizotronik"]. Rezul'taty optikoreflektornoy terapii senil'noy makulodistrofii i glaukomy na apparate «Vizotronik». [Practical Medicine]. *Prakticheskaya meditsina.* 2012;4-2(59);250-252. (inRuss.).
21. [Apparatus LIGHT FEATHER]. Apparat SVETOVOEPERO. URL: http://www.medcentr-tula.ru/index.php?Itemid=118&id=150&option=com_content&view=article. [Application date10.07.2015].(in Russ.).
22. [Pleoptics (amblyopia treatment)]. Pleoptika (lechenie ambliopii). URL: http://mgkl.ru/patient/stati/pleoptika. [Application date 10.07.2015].(in Russ.).
23. [Video computer vision correction]. Video-komp'yuternayakorrektsiyazreniya. URL: http://www.rusmedserv.com/ophthalmolog/encyclopedia/articles_405.html. [Application date10.07.2015].(inRuss.).
24. [Mobile apps will help to treat ocular disorders]. Prilozheniya dlya mobil'nika pomogut lechit' zabolevaniya glaz. URL: http://www.yp.ru/news/view/id/659. [Application date 10.07.2015].(inRuss.).
25. Venger K.V. [Methods of amblyopia treatment and their efficacy]. Metody lecheniya ambliopii i ikh effektivnost'. [Ophthalmological Journal]. *Oftal'mologicheskiy zhurnal.* 2000;4:74–79. (in Russ.).
26. Botabekova T.K., Kurtambekova N.S. [Efficacy of traditional pleoptic methods

and novel approaches to amblyopia treatment]. Ob effektivnosti traditsionnykh metodov pleopticheskogo lecheniya i novye vozmozhnosti v lechenii ambliopii. [Clinical Ophthalmology]. *Klinicheskaya oftal'mologiya.* 2006;1:34-36. (in Russ.).
27. Kolomiets V.A., Ivanova G.V. [Comparative analysis of treatment results of dysbinocular amblyopia using different methods]. Sravnenie rezul'tatov lecheniya patsientov s disbinokulyarnoy ambliopiey razlichnymi metodami. [Ophthalmological Journal]. *Oftal'mologicheskiy zhurnal.* 2012;4(447):42-47. (inRuss.).
28. Lavrent'ev B.F. [Device for vision training and correction]. Pribor dlya trenirovki i korrektsii zreniya. [Decision of Federal Service of Intellectual Property on patent granting (application No. 2013130647) from 24.02.2015]. URL: http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPATAP&DocNumber=2013130647&TypeFile=html&Delo=1. [Application date 10.07.2015].(in Russ.).
29. Sorokina E.V., Krasnogorskaya V.N. [Current methods of amblyopia treatment]. Sovremennye metody lecheniya ambliopii. [Annals of Breath Physiology and Pathology]. *Byulleten' fiziologii i patologii dykhaniya.* 2013;48:105-112. (inRuss.).
30. Matrosova Yu.V. [Etiology, pathogenesis, clinical signs, and treatment of amblyopia]. Etiopatogenez, klinika i metody lecheniya bol'nykh s ambliopiey. [Annals of Novosibirsk State University (Biology, Clinical Medicine)]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya, klinicheskaya meditsina.* 2012;5:193-202. (inRuss.).
31. Campbell F.W., Robson J.G. Application of Fourier Analysis to the Visibility of Gratings. *J. Physiol.* 1968;3:551–566.
32. Campbell F.W., Cooper G.F., Robson J.G., Saechs M.B. The Spectral Selectivity of Visual Cells of the Cat and Squirrel Monkey. *J. Physiol.* 1969;204:120–121.
33. Kolomiets V.A., Ivanova T.V. [Effect of alternating photostimulation of corresponding retinal fields with structured patterns on sensor and sensorimotor mechanisms of binocular vision in dysbinocular amblyopia.]. Vliyanie poocherednoy fotostimulyatsii korrespondiruyushchikh poley setchatok strukturirovannymi patternami na sensornye i sensomotornye mekhanizmy binokulyarnogo zreniya u bol'nykh disbinokulyarnoy ambliopiey. [Ophthalmological Journal]. *Oftal'mologicheskiy zhurnal.* 2011;4:21-26. (inRuss.).
34. Brutskaya L.A. [Treatment of amblyopia]. Lechenie ambliopii. [Ophthalmological Journal]. *Oftal'mologicheskiy zhurnal.* 2010;6(437):100-104. (inRuss.).
35. Bikbov M.M., Farkhutdinova A.A., Bikbulatova A.A. [Results of complex treatment of refractive amblyopia in children and adolescents]. Rezul'taty kompleksnogo lecheniya refraktsionnoy ambliopii u detey i podrostkov. [Ophthalmology]. *Oftal'mologiya.* 2011;4:18-22. (inRuss.).
36. Olifirovskaya N.V., Korolenko A.V., Savina Yu.N., Shchuko A.G., Malyshev V. V. [Combined treatment of anisometropic amblyopia]. Kombinirovannoe lechenie anizometropicheskoy ambliopii. [Kuban' Scientific Medical Bulletin]. *Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik.* 2011;1:65-68.(inRuss.).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Лаврентьев Борис Федорович, профессор, кандидат технических наук, Поволжский государственный технологический университет, пл. Ленина, 3, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл,424000, Россия, телефон: (8362) 68 60 70, lavrentevbf@volgatech.ne

Роженцов Валерий Витальевич, профессор, доктор технических наук, Поволжский государственный технологический университет, пл. Ленина, 3, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл,424000, Россия. Телефон (8362) 68 60 70, vrozhentsov@mail.ru

ABOUT THE AUTHORS

B.F. Lavrent'ev, prof., MD, Volga Region State Technological University, 3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, 424000, Russia, phone: (8362) 68 60 70, lavrentevbf@volgatech.ne

V.V. Rozhentsov, prof., PhD, MD, Volga Region State Technological University, 3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, 424000, Russia, phone: (8362) 68 60 70, vrozhentsov@mail.ru