

АВТОНОМНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ПОСТОЯННОГО ПОТЕНЦИАЛА ГЛАЗА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ И КЛИНИКЕ

Т. Р. Мухамадеев — ФГБОУ ВО «Башкирский ГМУ» Минздрава России, профессор кафедры офтальмологии с курсом ИДПО, доцент, доктор медицинских наук; **Р. Р. Ямгутдинов** — ФГБОУ ВО «Башкирский ГМУ» Минздрава России, ассистент кафедры офтальмологии с курсом ИДПО; **А. С. Вафиев** — ФГБОУ ВО «Башкирский ГМУ» Минздрава России, старший лаборант кафедры офтальмологии с курсом ИДПО; **А. Х. Кальметьев** — ФГБОУ ВО «Башкирский ГМУ» Минздрава России, доцент кафедры медицинской реабилитации с курсами нейрохирургии и рефлексотерапии ИДПО, кандидат медицинских наук; **А. Г. Ямлиханов** — ФГБОУ ВО «Башкирский ГМУ» Минздрава России, ассистент кафедры офтальмологии с курсом ИДПО, кандидат медицинских наук; **В. Н. Тумашин** — ЗАО «Оптимедсервис», инженер отдела микрохирургического оборудования.

AUTONOMOUS DEVICE FOR REGISTRATION OF DIRECT CURRENT POTENTIAL OF EYE IN EXPERIMENT AND CLINIC

T. R. Mukhamadeev — Bashkir State Medical University, Professor of the Department of Ophthalmology, Assistant Professor, DSc; **R. R. Yamgutdinov** — Bashkir State Medical University, Assistant of the Department of Ophthalmology; **A. S. Vafiev** — Bashkir State Medical University, Senior Laboratory Assistant of the Department of Ophthalmology; **A. Kh. Kalmetyev** — Bashkir State Medical University, Assistant Professor of the Department of Medical Rehabilitation with courses of Neurosurgery and Reflex Therapy, PhD; **A. G. Yamlikhanov** — Bashkir State Medical University, Assistant of the Department of Ophthalmology, PhD; **V. N. Tumashinov** — ZAO Optimedservis, engineer of the microsurgical equipment department.

Дата поступления — 15.11.2018 г.

Дата принятия в печать — 06.12.2018 г.

Мухамадеев Т. Р., Ямгутдинов Р. Р., Вафиев А. С., Кальметьев А. Х., Ямлиханов А. Г., Тумашин В. Н. Автономное устройство для регистрации постоянного потенциала глаза в эксперименте и клинике. Саратовский научно-медицинский журнал 2018; 14 (4): 910–913.

Представлен результат разработки автономного устройства для регистрации постоянного потенциала глаза (ППГ) в покое, а также при различных уровнях освещения для оценки функционального состояния комплекса «фоторецептор — пигментный эпителий» в эксперименте на лабораторных животных и в клинической практике, в том числе и в ходе витреоретинальных вмешательств.

Ключевые слова: постоянный потенциал глаза, электроокулография, сетчатка, биоусилитель, пигментный эпителий сетчатки.

Mukhamadeev TR, Yamgutdinov RR, Vafiev AS, Kalmetyev AKh, Yamlikhanov AG, Tumashinov VN. Autonomous device for registration of direct current potential of eye in experiment and clinic. Saratov Journal of Medical Scientific Research 2018; 14 (4): 910–913.

The article presents an autonomous device for recording of direct current potential of eye at rest and at different illumination levels to assess the functional state of the photoreceptor — retinal pigment epithelium complex in experiments on laboratory animals and in clinical practice including vitreoretinal surgery.

Key words: direct current potential of eye, electrooculography, retina, bioenhancer, retinal pigment epithelium.

Роль ретиального пигментного эпителия (РПЭ) в поддержании нормальной жизнедеятельности и функционирования сетчатки хорошо известна как из многочисленных экспериментальных исследований на животных, так и из клинических наблюдений. Это обуславливает актуальность разработки и совершенствования методов оценки функционального состояния РПЭ.

В настоящее время наиболее активно разработаны и внедрены в практику методы визуализации глазного дна, которые обладают целым рядом несомненных преимуществ и позволили получить важные сведения о морфофункциональном состоянии РПЭ. Вместе с тем они обладают и целым рядом существенных ограничений. В частности, они не всегда применимы при помутнениях светопреломляющих сред глаза, а также недостаточно полно отражают функции пигментного эпителия, например, при различных уровнях освещенности глазного дна. Со времени первой регистрации постоянного потенциала глаза (ППГ), впервые проведенной Е. Du Bois-Reymond еще в 1849 г., накоплен огромный экспериментальный и клинический материал по взаимосвязи функционального состояния РПЭ и ППГ в норме и при патологии [1, 2]. Это позволило подвести надежную базу для электрофизиологического изучения функций РПЭ. Наиболее обобщенно диагностиче-

ская ценность электроокулографии (ЭОГ) объясняется тем, что постоянный потенциал глаза не только отражает непрерывно протекающие в сетчатке обменные процессы, но и активно их формирует [3]. В клинической практике ЭОГ позволяет во многих случаях не только достаточно точно определить диагноз и локализацию патологического процесса, но и выявить новые патогенетические звенья [4, 5].

Созданные к настоящему времени оборудование и техники ЭОГ с целью унификации, безопасности, обмена опытом должны соответствовать стандартам ISCEV (International Society for Clinical Electrophysiology of Vision) [6], четко определяющим требования к проведению исследования и интерпретации его результатов. Однако эти стандарты не исключают возможности разработки и создания новых оригинальных устройств и методов регистрации ЭОГ, особенно в экспериментальных исследованиях.

Несмотря на достаточно большое техническое и дизайнерское разнообразие приборов для регистрации ЭОГ, все они имеют единую принципиальную схему и состоят из неполяризующихся (слабополяризующихся) электродов, усилителя биопотенциалов (УБП), источника питания, устройства ввода и устройства вывода (монитор, осциллограф, аналого-цифровой преобразователь, компьютер, телеметрические системы и т.д.). Одним из технически наиболее сложных элементов этой системы является усилитель биопотенциалов — электрофизиологический прибор для регистрации и усиления электрической активности живых тканей [7, 8]. В качестве

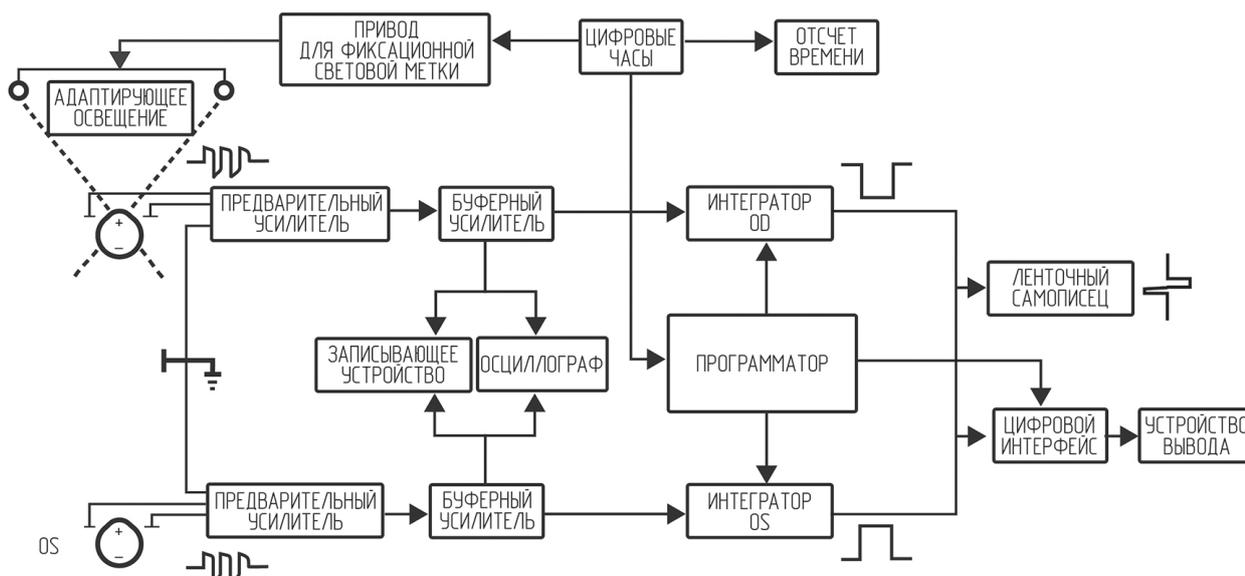


Рис. 1 Блок-схема устройства для проведения электроокулографии (Holland M. G., Clark F. [9])

примера представлена принципиальная блок-схема устройства для проведения ЭОГ (рис. 1) [9].

В настоящее время существуют различные системы для проведения ЭОГ, и преимущественно они интегрированы в многофункциональные комплексы, позволяющие проводить широкий спектр электрофизиологических исследований: Нейрософт Нейро-ЭРГ (Россия), Tomey EP-1000 Pro (Япония), Roland Consult (Германия). Несмотря на удобство их применения в клинической практике, можно отметить и ряд недостатков:

1) крупные размеры устройств вследствие их интегрированности в многофункциональные диагностические системы лишают их мобильности, осложняют их применение при проведении экспериментальных исследований на лабораторных животных, а также интраоперационное использование. Необходимо особо отметить, что интраоперационные исследования, позволяющие в режиме реального времени оценивать эффективность хирургического вмешательства, набирают всё большую актуальность. Ярким примером является метод интраоперационной оптической когерентной томографии [10, 11]. Между тем в современной доступной литературе практически отсутствуют сообщения об интраоперационном применении электрофизиологических методов исследования, несмотря на их высокую информативность;

2) «закрытость» программного обеспечения большинства систем является причиной невозможности свободного подключения к другим устройствам вывода и обработки информации, не входящим в систему фирмы-производителя;

3) отсутствует возможность подключения к автономным источникам питания;

4) относительно узок спектр изменяемых параметров исследований.

Все перечисленные недостатки диктуют необходимость доработки существующих устройств и разработки новых, способных компенсировать эти недостатки.

Цель: создание автономного устройства для регистрации постоянного потенциала глаза в покое, а также при различных уровнях освещения для оценки функционального состояния комплекса «фоторецеп-

тор — пигментный эпителий» в эксперименте на лабораторных животных и в клинической практике.

В ходе медико-технической разработки проведен анализ соответствующей литературы, выполнен патентный поиск, по результатам которых подготовлено техническое задание на разработку нового автономного устройства для регистрации ППГ. Теоретические и опытно-конструкторские исследования осуществлены на базе отдела микрохирургического оборудования компании «Оптимедсервис».

Согласно техническому заданию разработан и изготовлен опытный образец для регистрации ППГ. Структурная схема устройства представлена на рис. 2.

На DA1 реализован усилитель биопотенциалов с дифференциальным входом, с выхода которого через интегрирующую цепочку R2, C1, фильтрующую лишние шумы, далее полученный низкочастотный сигнал подается на повторитель, реализованный на DA2. Уровень выходного напряжения задается коэффициентом усиления DA1. Полученные уровни, предварительно пропущенные через аналогово-цифровой преобразователь, отображаются и записываются с использованием цифрового запоминающего осциллографа (например, АК ИП-4108). Характеристики используемого оборудования позволяют из-

Устройство для электроокулографии
Структурная схема

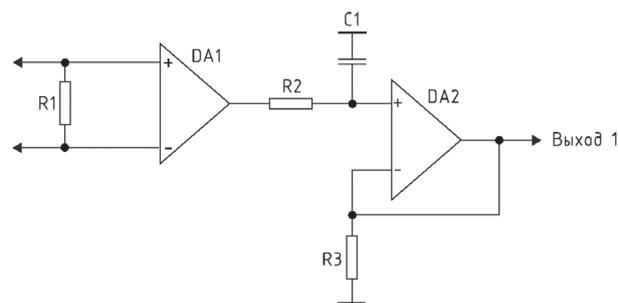


Рис. 2 Структурная схема устройства для регистрации постоянного потенциала глаза (описание в тексте)

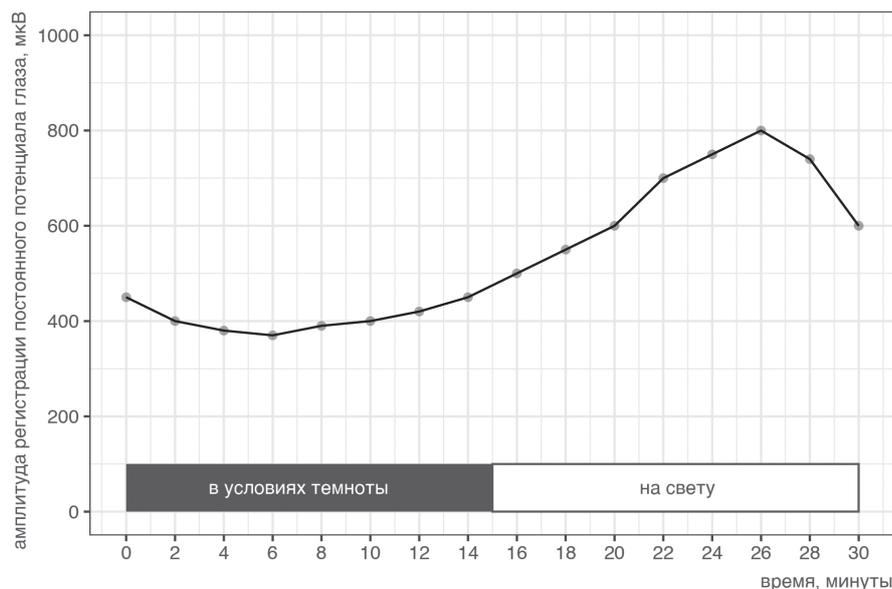


Рис. 3. Пример регистрации постоянного потенциала глаза

менять дискретность анализируемого сигнала до 1,5 мс. Питание осуществляется источником постоянного тока (4В, 0.3А). Коэффициент усиления 25 ($\pm 20\%$). Граничная частота фильтра низких частот 50 ± 5 Hz. Ток утечки (питание — вход / выход) не более 5 мкА. Коэффициент ослабления синфазного сигнала не менее 90 dB.

В целях оценки диагностических возможностей разработанного устройства, а также эффективности и безопасности его работы на здоровых добровольцах и лабораторных животных проведены успешные экспериментальные измерения. Пример регистрации постоянного потенциала глаза представлен на рис. 3.

Преимуществами разработанного устройства перед существующими аналогами являются:

1) компактность (небольшие размеры устройства ($140 \times 70 \times 40$ мм) повышают мобильность изобретения, что значительно расширяет диапазон возможностей его применения);

2) возможность прямого подключения к различным устройствам вывода и обработки информации (ноутбук, осциллограф, монитор и т.д.);

3) автономность (устройство может работать как от сети переменного тока (через адаптер питания), так и от автономных источников электроэнергии);

4) свободное программирование режимов работы устройства (устройство не имеет предустановленных алгоритмов работы, это повышает гибкость настройки параметров исследования, что крайне необходимо при проведении экспериментальных исследований);

5) возможность предъявления изменяющихся во времени зрительных стимулов различной формы, цвета, яркости и контраста;

6) несмотря на то что устройство создано для регистрации ППГ, конструкция устройства предусматривает возможность расширения медико-технических характеристик, увеличения количества каналов для регистрации других электрофизиологических показателей глаза.

Таким образом, компактное автономное устройство, разработанное для регистрации ППГ, позволяет проводить электрофизиологическую оценку функционального состояния комплекса «фоторецептор — пигментный эпителий» в эксперименте на лабора-

торных животных и в клинической практике, в том числе в ходе витреоретинальных вмешательств.

Конфликт интересов не заявляется.

Авторский вклад: написание статьи — Т.Р. Мухаммадеев, Р.Р. Ямгудинов, А.С. Вафиев, А.Х. Кальметьев, А.Г. Ямлиханов, В.Н. Тумашинов; утверждение рукописи для публикации — Т.Р. Мухаммадеев.

References (Литература)

1. Strauss O. The Retinal Pigment Epithelium in Visual Function. *Physiol Rev* 2005; 85 (3): 845–81.
2. Vafiev AS, Dibaev TI, Aznabaev BM. Rol elektrofiziolicheskih metodov issledovaniya v diagnostike zabolevanij setchatki i zritel'nogo nerva. *Medit'skiy Vestnik Bashkortostana* 2018; 13 (1); 113–6. Russian (Вафиев А.С., Дибаяев Т.И., Азнабаев Б.М. Роль электрофизиологических методов исследования в диагностике заболеваний сетчатки и зрительного нерва. *Медицинский вестник Башкортостана* 2018; 13 (1); 113–6).
3. Pigmentnyy epiteliy setchatki. Diagnosticheskoe znachenie elektrookulografii. I.O. Shcherbatova. In: *Klinicheskaya fiziologiya zreniya: ocherki / pod red. A.M. Shamshinovej*. M.: Nauchno-meditsinskaya firma MBN, 2006; p. 551–61. Russian (Пигментный эпителий сетчатки. Диагностическое значение электроокулографии. И.О. Щербатова. В кн: *Клиническая физиология зрения: очерки / под ред. А.М. Шамшиновой*. М.: Науч.-мед. фирма МБН, 2006; с. 551–61).
4. Bogoslovskiy AI. Klinicheskaya elektrofiziolgiya zritel'noy sistemy v praktike oftalmologii. *Vestnik oftalmologii* 1982; (6): 56–63. Russian (Богословский А.И. Клиническая электрофизиология зрительной системы в практике офтальмологии. *Вестник офтальмологии* 1982; (6): 56–63).
5. Eskin VYa. Klinicheskaya elektrookulografiya. In: *Klinicheskaya fiziologiya zreniya*. M.: Nauchno-meditsinskaya firma MBN, 1993; p. 130–45. Russian (Эскин В.Я. Клиническая электроокулография. В кн: *Клиническая физиология зрения*. М.: Науч.-мед. фирма МБН, 1993; с. 130–45).
6. Constable PA, Bach M, Frishman LJ, et al. ISCEV Standard for clinical electro-oculography (2017 update). *Doc Ophthalmol* 2018; 136 (1): 9.
7. Korenevskiy NA, Popochiyev EP, Filist SA. *Proyektirovaniye elektronnoy meditsinskoj apparatury dlya diagnostiki i lechebnykh vozdeystviy*. Kursk: Kurskaya gorodskaya tipografiya, 1999; 135 p. Russian (Корневский Н.А., Попочиев Е.П., Филист С.А. Проектирование электронной медицинской аппаратуры для диагностики и лечебных воздействий. Курск: Курская городская типография, 1999; 135 с.).

8. Areles M. Patch Clamping: An introductory guide to patch clamp electrophysiology. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2003; 186 p.

9. Holland MG, Clark F. An automatic measuring and recording system for clinical electro-oculography. *Ophthalmol Res* 1972; (3): 311–9.

10. Aznabaev BM, Mukhamadeev TR, Dibaev TI. Intraoperatsionnaya OCT-vizualizatsiya v khirurgii perednego i

zadnego otrezka glaza 2016; 1 (61): 151–4. Russian (Азнабаев Б.М., Мухаммадеев Т.Р., Дибаяев Т.И. Интраоперационная ОКТ-визуализация в хирургии переднего и заднего отрезка глаза 2016; 1 (61): 151–4).

11. Kumar V. Intraoperative optical coherence tomography (OCT): A new frontier in vitreo-retinal surgery. *Delhi Journal of Ophthalmology* 2016; (26): 192–4.

УДК 612.843.31:612845

Оригинальная статья

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ ЦВЕТООЩУЩЕНИЯ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Э.Н. Билалов — Ташкентская медицинская академия, заведующий кафедрой офтальмологии, профессор, доктор медицинских наук; **М.К. Зиёвуддинов** — Ташкентская медицинская академия, студент; **Б.Э. Билалов** — Ташкентская медицинская академия, клиника №2, врач отделения офтальмологии.

THE USE OF INNOVATIONAL COMPUTED METHOD OF COLOR VISION TESTING IN CLINICAL PRACTICE

E. N. Bilalov — Tashkent Medical Academy, Head of Department of Ophthalmology, Professor, DSc; **M. K. Ziyoviddinov** — Tashkent Medical Academy, student; **B. E. Bilalov** — Tashkent Medical Academy, 2nd clinic, the doctor of Department of Ophthalmology.

Дата поступления — 15.11.2018 г.

Дата принятия в печать — 06.12.2018 г.

Билалов Э.Н., Зиёвуддинов М.К., Билалов Б.Э. Применение инновационного компьютерного метода исследования цветоощущения в клинической практике. *Саратовский научно-медицинский журнал* 2018; 14 (4): 913–916.

Цель: провести апробацию разработанного метода компьютерного исследования цветоощущения с помощью компьютерной программы «TMA Computed color test». **Материал и методы.** Проведен сравнительный анализ эффективности разработанной программы с использованием стандартного набора таблиц Рабкина и Ишихары. Апробация компьютерной программы проведена у 3500 абитуриентов во время поступления в Ташкентскую медицинскую академию в 2018 г. **Результаты.** Измерение основных физических параметров цветов показало, что параметры цветов, которые отображаются на экране монитора в ходе выполнения теста на программе «TMA Computed color test», максимально приближены к параметрам цветов в таблицах Рабкина. Среди 3500 обследованных абитуриентов патология цветоощущения диагностирована у 96 лиц. **Заключение.** Разработанная методика обладает высокой эффективностью выявления цветоаномалий в ходе массовых медицинских осмотров и может быть внедрена в клиническую практику.

Ключевые слова: цветоощущение, псевдоизохроматические таблицы, таблицы Рабкина, цветоаномалии.

Bilalov EN, Ziyoviddinov MK, Bilalov BE. The use of innovational computed method of color vision testing in clinical practice. *Saratov Journal of Medical Scientific Research* 2018; 14 (4): 913–916.

The aim of study: to test created method of computed investigation of color vision with «TMA Computed color test» soft system. **Materials and Methods.** There was conducted comparative analysis of efficiency of computer program with conventional Rabkin's plates. Testing was conducted during entrance committee of Tashkent medical academy. During this period 3000 entrants were examined. **Results.** Measuring of basic physical color characteristic's shown that color characteristic's of monitor screen during test in «TMA Computed color test» are almost similar to those in Rabkin's plates. among 3000 entrants there were diagnosed 96 patients with color anomalies. **Conclusion.** It shown, that created method has a high efficiency in revealing of color anomalies during mass medical examinations and could be used in clinical practice.

Key words: color vision, pseudoisochromatic plate tests, Rabkin's plates, color anomaly.

Введение. Исследование цветоощущения имеет важную диагностическую ценность при определении профессиональной пригодности и при приеме документов для поступления в учебные заведения. В особенности оценка цветоощущения важна для работы человека в отраслях, требующих нормального цветовосприятия. При некоторых заболеваниях сетчатки и зрительного нерва оценка цветоощущения имеет значение для ранней постановки диагноза, поскольку в этом случае даже незначительное нарушение цветовосприятия проявляется гораздо раньше, чем нарушения других зрительных функций [1, 2].

На протяжении многих лет для оценки цветоощущения в клинической практике использовались диагностические псевдоизохроматические таблицы, в частности таблицы Рабкина и Ишихары. Однако данные методы имеют целый ряд существенных недостатков, среди которых большая вероятность ошибок в случаях, когда для проверки отводится недостаточное количество времени. Кроме того, ошибки могут быть связаны с осведомленностью самих пациентов о содержании картинки, потому что их количество в стандартном наборе Рабкина обычно ограничено (23 или 25) [3]. Своевременная диагностика патологии цветоощущения среди населения является важной задачей медицинских комиссий, так как существуют некоторые профессии, при которых недопустимо наличие цветоаномалий. На скорость выполнения теста и его результаты могут влиять такие факторы, как

Ответственный автор — Билалов Эркин Назимович
Тел: +9 (9890) 9070032
E-mail: dr.ben58@mail.ru