

## ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОРЕТИНОГРАФИИ В ИССЛЕДОВАНИИ ЭТАПОВ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОЗРЕВАНИЯ СЕТЧАТКИ ГЛАЗА ЧЕЛОВЕКА В РАЗЛИЧНОМ ВОЗРАСТЕ

© О.А. Коникова, В.В. Бржеский

ГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России

**Резюме.** Представлены результаты оценки функционального состояния сетчатки у 55 здоровых детей различного возраста (110 глаз). Выявлены отличительные особенности формирования кривой электроретинограммы в раннем детском возрасте. Так, у детей до 6 месяцев а-волна электроретинограммы не регистрировалась, b-волна имела крайне низкую амплитуду и увеличенную латентность. Типичную конфигурацию электроретинографическая кривая приобретала не ранее 1 года жизни ребенка. Отмечено, что созревание колбочкового аппарата сетчатки заканчивается позднее, чем палочкового. Показатели электроретинографии объективно подтверждают этапность становления функциональной активности зрительной системы у ребенка.

**Ключевые слова:** физиология зрения; электроретинограмма; сетчатка; фоторецепторы.

### АКТУАЛЬНОСТЬ

В соответствии с потребностями теоретической и практической офтальмологии, с каждым годом все больше расширяются аппаратно-диагностические возможности прижизненного изучения строения зрительной системы человека, появляются новые методы послойной визуализации сетчатки [4]. При этом на протяжении уже многих десятилетий способы оценки функциональной активности различных клеточных элементов сетчатки, межнейрональных взаимодействий при нормальных условиях жизнедеятельности, а также при различных глазных заболеваниях, сводятся главным образом к применению электрофизиологических методов исследования [1–3, 5, 10, 12]. Среди них, в частности, наибольшее распространение получила электроретинография, выполняемая в различных модификациях, которая уже долгие годы является единственным объективным методом исследования ретиальной функции.

С учетом совершенствования этого метода исследования, на сегодняшний день показатели электроретинографии дают возможность определить глубину и площадь патологических изменений сетчатки, позволяют осуществлять мониторинг и прогнозирование течения различных заболеваний, сопровождающихся нарушением электрогенеза и проводимости зрительных импульсов в сетчатке. Безусловно, электроретинография играет также важную роль в исследовании патогенеза подобных заболеваний, равно, как и механизмов терапевтических и токсических эффектов их медикаментозной терапии. И, наконец, рассматриваемый метод электрофизиологического исследования также позволяет оценивать этапы развития и созревания зрительной системы в онтогенезе человека.

Электроретинограмма (ЭРГ) представляет собой графическое выражение суммарной фоторецепторной, нейрональной и глиальной активности сетчатки в ответ на световое раздражение и включает два основных компонента, подлежащих оценке — негативную а- и позитивную b-волну. Происхождение различных компонентов электроретинограммы схематически представлено на рисунке 1.

Для правильной трактовки результатов электроретинографии, а также раннего выявления патологических отклонений показателей электрической активности сетчатки у детей различного возраста, необходимо учитывать последовательность созревания ретиальной ткани.

Несмотря на то, что регистрация электроретинограммы возможна уже с рождения (рис. 2), амплитудно-временные характеристики, а также форма электроретинографической кривой существенно отличаются у детей различного возраста. Так, а-волна (генерируемая дистальными отделами фоторецепторов сетчатки) в норме на первом году жизни не регистрируется, а b-волна отличается сниженной амплитудой и удлинением латентности.

Известно, что к моменту рождения доношенного младенца все слои сетчатки уже сформированы и количество клеточных элементов практически не изменяется в течение последующей жизни. При этом основной процесс развития электрической активности сетчатки приходится на первые 18 недель жизни. В этот период происходит созревание макулярной зоны сетчатки, характеризующееся уплотнением колбочек, центростремительной их миграцией в центральную ямку желтого пятна, формируется фовеолярная депрессия. Кро-

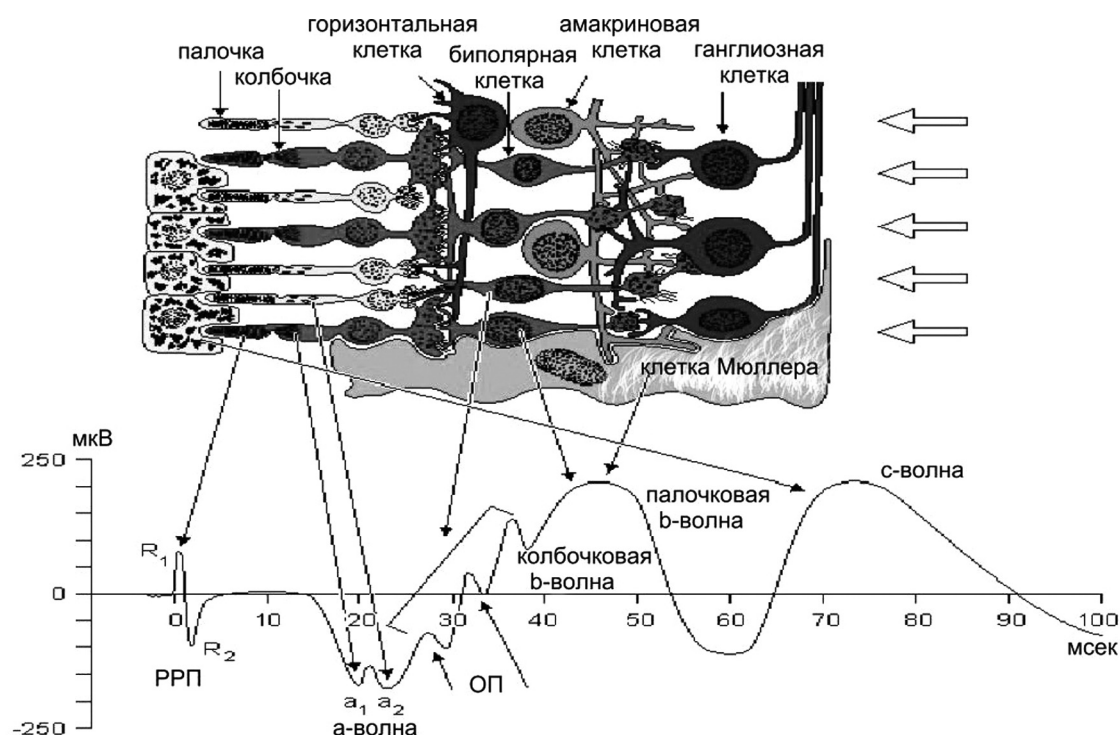


Рис. 1. Топография генерации различных компонентов электроретинограммы (по Malmivio J.)

ме этого, продолжается созревание наружных сегментов фоторецепторов с накоплением в палочках родопсина [6, 7, 11].

Учитывая уже имеющиеся в литературе сведения об этапах формирования нейросенсорной сетчатки у ребенка, актуальным представляется выявление возрастных особенностей основных показателей стандартной электроретинограммы у здоровых детей различного возраста.

**Цель работы:** изучить возрастные особенности электрогенеза сетчатки и разработать на этой основе нормативную базу амплитудно-временных харак-

теристик стандартной электроретинограммы здоровых детей различного возраста.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обследованы 55 здоровых детей (110 глаз) в возрасте от 1 месяца до 18 лет (средний возраст  $8,0 \pm 0,2$  лет). Всем обследованным, в дополнение к традиционным методам функционально-анатомической оценки зрительного анализатора, проведено электрофизиологическое исследование в объеме регистрации стандартной электроретинограммы (ISEV, 2008), включающей 5 основных этапов обследования.



Рис. 2. Методика проведения стандартной электроретинографии ребенку раннего возраста

На первом этапе, в условиях максимального миодриаза, после предварительной темновой адаптации в течение 20 минут, регистрировали суммарный скотопический ответ от сетчатки на единичные вспышки яркостью 0,01 кд/м<sup>2</sup>, что позволило зафиксировать биопотенциалы от палочкового нейрорецепторного аппарата сетчатки. Далее яркость предъявляемой вспышки увеличивали до уровня 2 кд/м<sup>2</sup>, что позволяло регистрировать электроретинограмму от всей площади сетчатки. В последующем пациенту проводили световую адаптацию в течение 10 минут и регистрировали фотопический колбочковый ответ. Исследование проводили на электрофизиологической установке Tomey — EP1000.

В дополнение к оценке амплитудно-временных характеристик кривых электроретинограммы, всем пациентам рассчитывали индекс b/a, что в литературе трактуется, как индекс созревания сетчатки [8]. У детей раннего возраста исследование проводили в условиях физиологического сна с целью уменьшения артефактов, связанных с хаотичными движениями глазных яблок во время бодрствования (рис. 2).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нормальные амплитудно-временные характеристики различных видов стандартной электроретинограммы у здоровых детей представлены в таблице 1.

Из приведенной таблицы видно, что основные этапы созревания сетчатки приходятся на первый год жизни ребенка. При этом электрофизиологические характеристики сетчатки в этом возрасте существенно отличаются от амплитудно-временных показателей электроретинограммы у более старших детей.

A-волну электроретинограммы становится возможным регистрировать во втором полугодии жизни. При этом обращают на себя внимание низкие показатели амплитуды b-волны и увеличение ее латентного периода.

Результаты электроретинографии демонстрируют, что на первом году жизни нейроны сетчатки являются незрелыми и электрогенез значительно снижен. При этом периферические отделы сетчатки, представленные в большей степени палочковыми фоторецепторами, созревают раньше центральных, приближаясь к значениям взрослых уже к 6-му месяцу жизни.

В группе детей старше 1 года, а также в дальнейшем, практически до 18 лет, электрогенез сетчатки значимых отличий не имел и не зависел от возраста, что позволяет сделать вывод о том, что к концу 1-го года жизни ребенка в норме завершаются основные этапы формирования и созревания нейроретиальной ткани.

Кроме абсолютных значений основных параметров стандартной электроретинограммы, комплексная оценка ее показателей включает также расчет уже упомянутого выше индекса созревания сетчатки, определяемого, как отношение амплитуды максимального позитивного пика b-волны к амплитуде негативной a-волны электроретинограммы. Как известно, данный показатель характеризует взаимные влияния фоторецепторов и биполярных ядерных клеток сетчатки на формирование суммарной электрофизиологической кривой и позволяет получать дополнительную информацию о доминирующем влиянии на показатели электрогенеза того или иного слоя сетчатки [8, 9].

Так, высокие значения рассматриваемого индекса были зафиксированы у детей раннего возраста,

Таблица 1

Показатели стандартных видов ЭРГ у здоровых детей различного возраста

Вид ЭРГ	Анализируемый параметр		Возрастная группа			
			0–6 мес.	6–12 мес.	1–5 лет	6–18 лет
Скотопический ответ	b-волна	латентность	105,6 ± 1,4	82,4 ± 0,9	64,5 ± 0,7*	68,1 ± 0,9
		амплитуда	15,2 ± 2,1	40,1 ± 3,8*	42,6 ± 4,2	44,9 ± 3,5
Максимальный ответ	a-волна	латентность	–	28,4 ± 0,3	22,3 ± 0,5	20,2 ± 0,5
		амплитуда	–	45,3 ± 5,8	64,7 ± 5,2	83,7 ± 4,0**
	b-волна	латентность	60,0 ± 0,5	60,0 ± 0,5	42,1 ± 0,6	41,1 ± 0,5
		амплитуда	45,6 ± 3,8	108,3 ± 4,1	127,5 ± 4,8*	144,7 ± 5,6
Колбочковый ответ	a-волна	латентность	–	20,2 ± 0,4	15,6 ± 0,2	15,8 ± 0,2
		амплитуда	–	5,8 ± 0,7	13,0 ± 0,6	18,0 ± 0,9
	b-волна	латентность	40,1 ± 0,8	35,4 ± 0,5	31,5 ± 0,6	29,4 ± 0,2
		амплитуда	15,3 ± 4,2	41,3 ± 5,1*	82,6 ± 4,2	92,5 ± 3,9
Ритмический ответ 30Hz	b-волна	амплитуда	–	25,3 ± 2,2	30,2 ± 2,6	46,2 ± 3,2

\* – различия по сравнению с возрастной группой 0–6 мес. статистически значимы,  $p < 0,05$ ; \*\* – различия по сравнению с возрастной группой 6–12 мес. статистически значимы,  $p < 0,05$

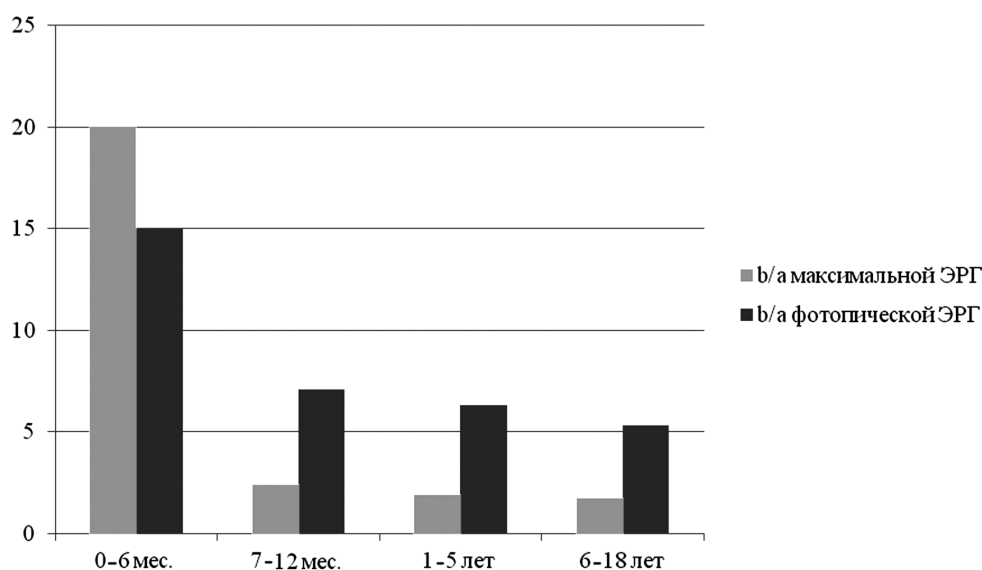


Рис. 3. Возрастная динамика индекса созревания (b/a индекса) сетчатки у детей различного возраста

что в первую очередь характеризует этапы созревания дистальных отделов сетчатки (фоторецепторного слоя). Динамика изменения b/a индекса различных видов электроретинограммы представлена на рисунке 3.

Как видно из графика, с возрастом ребенка отмечается увеличение функциональной активности фоторецепторного слоя сетчатки, что характеризуется уменьшением значения индекса ее созревания.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Младенческий возраст обоснованно считается сенситивным периодом формирования зрительной системы, и выявленные закономерности созревания электроретинограммы у детей раннего возраста подтверждают данный факт.

Базируясь на полученных сведениях, можно предположить, что чем раньше в процессе формирования зрительной системы ребенка на нейросенсорную сетчатку воздействует тот или иной патологический процесс, тем выше вероятность выявления глубоких нарушений электрогенеза соответствующих отделов сетчатки.

При этом наиболее «чувствительным» для периферических отделов сетчатки является возраст до 6 месяцев, в то время как колбочковый аппарат сетчатки продолжает формироваться в течение всего первого года жизни.

У детей старше 1 года для оценки электрофизиологических показателей при различной патологии и повреждениях глаз допустимо использовать средневозрастные нормативы электроретинограммы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Демирчоглян Г.Г. Физиология и патология сетчатки. — М: Медицина, 1964. — 144 с.
2. Шамшинова А.М., Зуева М.В., Цапенко И.В., Яковлев А.А. Нейрофизиологические особенности сетчатки и возможности клинической электроретинографии // Вестник офтальмологии. — 1996. — № 2. — С. 52–55.
3. Шамшинова А.М. Электроретинография в офтальмологии. — М.: Медика, 2009. — 304 с.
4. Шамшинова А.М. Клиническая физиология зрения: Очерки / Под ред. А.М. Шамшиновой — М.: Т.М. Андреева, 2006. — 956 с.
5. Яковлев А.А., Хватова А.В. Значение электрофизиологических методов исследования в детской офтальмологии // Клиническая физиология зрения: сборник научных трудов. — Москва, 1993. — С. 115–130.
6. Fulton A.B., Hansen R.M., Moskowitz A. Development of rod function in term born former preterm subjects // Optom. Vis. Sci. — 2009. — Vol. 86. — P. 653–658.
7. Fulton A.B., Hansen R.M. The development of scotopic sensitivity // Invest Ophthalmol Vis Sci. — 2000. — Vol. 41. — P. 1588–1596.
8. Lam B.L. Electrophysiology of Vision. Clinical testing and application / Taylor & Francis. — London, 2005. — 514 p.
9. Malmivuo J., Pronsey R. Bioelectromagnetism — principles and applications of bioelectric fields. — New York: Oxford university press, 1995. — 479 p.
10. Parness-Yossifon, Reut; Mets, Marilyn Baird. The electroretinogram in children // Pediatrics and strabismus. — 2008. — Vol. 19, N5. — P. 398–402.

11. Provis J.M., Dubis A.M., Maddess T., Carroll J. Adaptation of the central retina for high acuity vision: cones, the fovea and the avascular zone // Progress in Retinal and Eye Research. — 2013. — Vol. 35. — P. 63–81.
12. Straub W. Das Elektretinogramm. — Frankfurt, 1961. — 200 S.

#### **OPPORTUNITIES ELECTRORETINOGRAPHY IN STUDYING OF PHYSIOLOGICAL STAGES OF MATURATION HUMAN RETINA AT DIFFERENT AGES**

*Konikova O.A., Brzheshkiy V.V.*

◆ **Resume.** The results of evaluation of the functional state of the retina in 55 healthy children of different ages (110 eyes). Distinctive features of the formation curve electroretinogram in early childhood. So in children under 6 months a-wave electroretinogram was not recorded, b-wave had a very low amplitude and increased latency. Typical configuration electroretinogram was after 1 year of life. Noted that the maturation of cone function finishes later than the rod-function. Electroretinography objectively confirm phasing formation of functional activity of the visual system in children.

◆ **Key words:** physiology of vision; electroretinogram; retina photoreceptors.

#### ◆ Информация об авторах

*Коникова Ольга Александровна* — ассистент кафедры офтальмологии с курсом клинической фармакологии. ГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России. 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2. E-mail: olgakonikova@gmail.com.

*Бржешкий Владимир Всеволодович* — заведующий кафедрой офтальмологии с курсом клинической фармакологии. ГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России. 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2. E-mail: vvbrzh@yandex.ru.

*Konikova Olga Aleksandrovna* — Assistant of Ophthalmology Department. Saint-Petersburg State Pediatric Medical University. 2, Litovskaya St., St. Petersburg, 194100, Russia. E-mail: olgakonikova@gmail.com.

*Brzheshkiy Vladimir Vsevolodovich* — Head Ophthalmology Department. Saint-Petersburg State Pediatric Medical University. 2, Litovskaya St., St. Petersburg, 194100, Russia. E-mail: vvbrzh@yandex.ru.