

## **ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЗРИТЕЛЬНЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ НА ВСПЫШКУ В ОЦЕНКЕ ФУНКЦИЙ ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

**Изложен опыт регистрации зрительных вызванных потенциалов (ЗВП) на вспышку. Рассмотрены особенности интерпретации результатов ЗВП детей и взрослых с грубым нарушением функций зрительной системы, у детей до 3-х лет и пациентов со сниженной остротой зрения на один глаз. Указаны преимущества и ограничения данного метода исследования. Приведены примеры ЗВП по каждой группе пациентов.**

**Ключевые слова:** зрительные вызванные потенциалы на вспышку, низкое зрение, зрительные функции у детей.

### **Актуальность**

В настоящее время метод зрительных вызванных потенциалов находит все более широкое применение в клинической практике. Это один из немногих объективных методов, позволяющих оценить функциональное состояние проводящих структур и корковых областей зрительного анализатора.

Исследование ЗВП стало применяться в диагностике в 60-е годы прошлого века. Применение данного метода стало возможным благодаря технике накопления и усреднения отдельных ответов мозга на адекватный стимул. С тех пор метод непрерывно совершенствуется: Международным обществом клинической электрофизиологии зрения разработаны и предложены для практического использования стандарты регистрации ЗВП [7]. Несмотря на длительный опыт использования метода регистрации ЗВП на вспышку, до сих пор некоторые моменты интерпретации результатов остаются спорными.

Наиболее часто применяются две разновидности этого метода: ЗВП на реверсивный обрабатываемый шахматный паттерн (паттерн-ЗВП) и ЗВП на вспышку. Принято считать, что ЗВП на вспышечный стимул отличается большей вариабельностью, нежели ЗВП на паттерн, и, вследствие этого, имеет ограниченную область применения [2]. Однако существует несколько групп пациентов, для которых регистрация ЗВП на вспышку является не только целесообразным, но и порой единственным методом исследования. К этим категориям относятся дети раннего возраста и дети, которые не способны в течение продолжительного времени концентрировать внимание и фиксировать взор. Так же к ним относятся взрослые и дети с низкой остротой зрения, отсутствием

предметного зрения или непрозрачными оптическими средами [3].

В данной статье мы изложили опыт регистрации ЗВП на вспышку в различных группах пациентов и указали возможности применения данного метода в клинической практике.

### **Материалы и методы**

Нами были проанализированы данные ЗВП на вспышку у 617 пациентов различного возраста, проходивших обследование в лаборатории нейрофизиологии зрения ФГБУ «ВЦГПХ» Минздрава России.

Регистрация ЗВП осуществлялась при помощи 4-канального электронейромиографа «Нейро-МВП-4» производства компании «Нейрософт» и соответствующего программного обеспечения.

Электроды для записи ЗВП устанавливались по международной системе 10–20 на точки Oz (активный электрод), Cz (референтный) и Frz (заземляющий). Импеданс под электродами не превышал 5 кОм. Для стимуляции использовалась вспышка от матрицы светодиодов, вставленной в специальные очки, плотно прилегающие к лицу и исключающие засветку второго глаза при монокулярной стимуляции. Длительность стимула составляла 5 мс, частота – 1 Гц, длина волны генерируемой вспышки – 640 нм (красный свет), эпоха анализа – 400 мс. Засвет подавался бинокулярно или монокулярно.

Был проведен анализ состава выборки пациентов направленных на исследование ЗВП на вспышку. В зависимости от особенностей нарушения зрительной системы и возраста, выборка была разбита на группы. На основе отдельных примеров ЗВП, проиллюстрированы возможности и ограничения метода.

### Результаты и обсуждение

На начальном этапе обработки данных, мы провели анализ всей совокупности пациентов, у которых была возможность исследовать только ЗВП на вспышку (таблица 1).

Как следует из таблицы, наибольшее число исследований в лаборатории было проведено детям с низкой остротой зрения, не позволявшей провести исследование ЗВП на обрабатываемый паттерн. Далее по численности располагалась группа взрослых пациентов с грубым нарушением зрительных функций. Следующей по численности была группа детей до 3-х лет, для которых отсутствовала возможность получить объективную информацию о состоянии зрительных функций или провести исследование ЗВП на обрабатываемый паттерн из-за невозможности контролировать направление взора. Затем по численности следовала группа с грубым нарушением зрительных функций одного глаза. Наименьшее количество пациентов имели нарушения прозрачности оптических сред глаза. Таким образом, большинство пациентов, которым проводилось исследование ЗВП на вспышку, составляли дети раннего возраста и дети с выраженным нарушением зрительных функций. Принимая во внимание, что для данной категории пациентов, ЗВП на вспышку зачастую является единственным средством объективной оценки и мониторинга зрительных функций, важно представлять себе достоинства и ограничения данного вида исследования. Ниже, на конкретных примерах ЗВП мы указали основные варианты, имевшие место в нашей практике и интерпретировали результаты исследования.

*Грубое моно- или билатеральное поражение зрительного анализатора. ЗВП не регистрируется.*

На рисунке 1 и 2 показаны записи ЗВП, зарегистрированные при грубом нарушении функций зрительного анализатора. Степень нарушения не позволяет ответу, даже при его наличии, синхронизироваться и проявиться на записи. При интерпретации данных такого рода нужно учитывать, что ЗВП являются усреднением отдельных ответов, имеющих значительно меньшую амплитуду, нежели компоненты спонтанной активности мозга, проявляющиеся в электроэнцефалограмме [4]. Таким образом, при значительном нарушении функций зрительной системы необходимо исключить максимальное ко-

личество внешних воздействий для получения возможности синхронизации слабого ответа. Основными условиями является минимальная двигательная активность и эмоциональная стабильность при регистрации ответа.

У взрослых данные условия выполнимы, поэтому итогом усреднения спонтанной активности мозга при условии отсутствия ответа на световую стимуляцию может быть ровная запись близкая к изолинии как при нарушении зрительных функций двух глаз, так и при грубом нарушении функций только одного глаза (рис. 1 и 2, соответственно).

У детей сложно ограничить двигательную активность и обеспечить ровный эмоциональный фон, что значительно затрудняет получение стабильной записи, в связи с артефактами движений и эмоциональной нестабильностью.

Таблица 1. Распределение пациентов по группам

	Группы пациентов	Количество пациентов	
		n	%
1	Дети до 3-х лет	144	23.3%
2	Дети с низкой остротой зрения	190	30.8%
3	Взрослые пациенты с низкой остротой зрения	169	27.4%
4	Одностороннее поражение	108	17.5%
5	Нарушение прозрачности оптической системы	6	1.0%

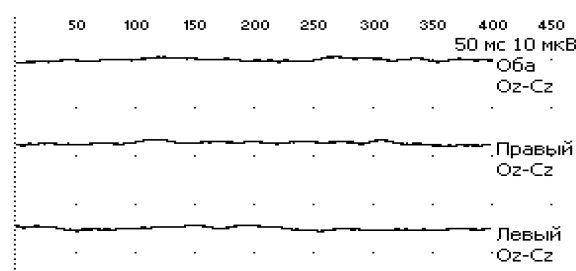


Рисунок 1. ЗВП не регистрируется

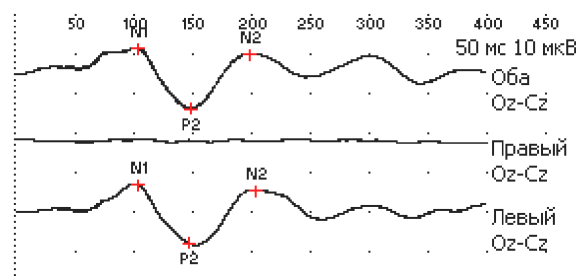


Рисунок 2. Грубое нарушение зрительных функций правого глаза

Таким образом, получение у детей усредненной записи, близкой к изолинии довольно редкое явление. Тем не менее, наличие записи, форма которой отлична от изолинии, не означает наличие зрительных функций, так как полученная кривая не обязательно будет воспроизводиться при повторных пробах (рис. 3).

С другой стороны, нестабильность записи не дает возможности однозначно исключить наличие зрительной вызванной активности, которая может маскироваться более высокоамплитудными компонентами ЭЭГ. Таким образом, в случае грубого нарушения зрительных функций у детей, зачастую, отсутствует возможность однозначного заключения о полном отсутствии зрительных функций из-за нестабильной конфигурации ЗВП. Тем не менее, получение такого ответа однозначно указывает на наличие грубого нарушения функций зрительного анализатора. Необходимо учитывать, что зрительная система детей находится в процессе развития и отсутствие возможности выделения ответа на данном его этапе, может измениться в будущем. Наблюдение таких детей в динамике позволяет своевременно отметить минимальные сдвиги в ЗВП и скорректировать программу лечебных и коррекционных мероприятий.

*Грубое нарушение зрительных функций. ЗВП регистрируются.*

Следующим, часто встречающимся вариантом является грубое нарушение функций зрительной системы, при котором осуществляется возможность получения стабильного ответа на зрительную стимуляцию. На рисунках 4 и 5 показаны примеры ЗВП, демонстрирующие записи стабильных ответов малой амплитуды.

Такие ответы указывают на наличие достаточной популяции нейронов зрительной коры, синхронно реагирующих на зрительный стимул. Подобные устойчивые ЗВП однозначно свидетельствуют о наличии зрения и сохранения возможности проведения зрительного сигнала от сетчатки до центральных отделов зрительной системы. Наличие ответа позволяет оценивать степень сохранности зрительных функций, проводить объективный мониторинг состояния зрительной системы и прилагать усилия для развития зрения. При мониторинге зрительных функций большое значение имеют все основные компоненты ЗВП. Как правило, анализируются три основных компонента: N2,

P2 и N3, имеющие различные источники генерации. Компонент N2 является отражением активности 17 поля по Бродману. Считается, что по данному компоненту ЗВП можно судить о скорости проведения зрительного сигнала. Последующие компоненты отражают этапы обработки зрительного сигнала. Компонент P2 ЗВП характеризует первичную обработку поступившего сигнала и генерируется в полях 17–18 зрительной коры, а N3 – результат активности ассоциативной части коры – полей 18 и 19, отражает этап анализа зрительной информации [4].

Временные характеристики ЗВП на вспышку достаточно устойчивы и позволяют оценивать

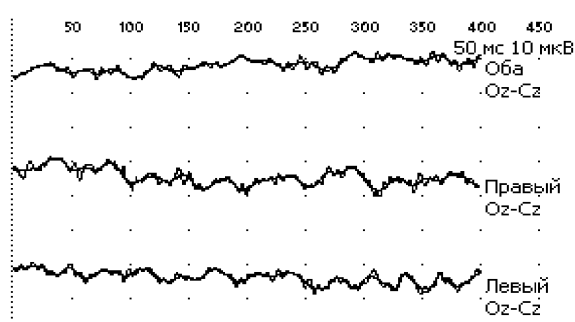


Рисунок 3. ЗВП с нестабильной структурой, не позволяющей выставить компоненты

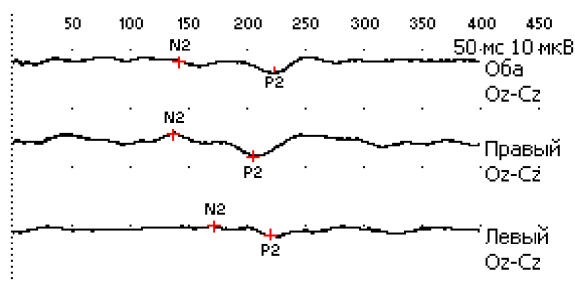


Рисунок 4. Низкоамплитудные, деформированные ЗВП с замедлением скорости проведения

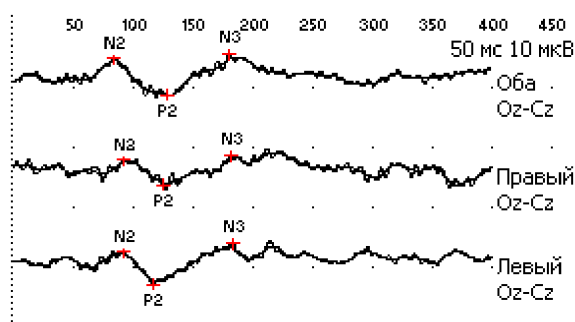


Рисунок 5. Устойчивые ЗВП низкой амплитуды

изменения как на уровне проведения зрительного сигнала (латентность компонента N2), так и особенности его обработки (компоненты P2, N3). Латентности пиков варьируют около следующих значений: N2 – 75 мс, P2 – 100 мс, N3 – 150 мс. Амплитуда ответов имеет более высокую межиндивидуальную вариабельность и является ценным показателем ЗВП только при повторных исследованиях. Амплитуда комплекса N2-P2 у взрослых испытуемых в норме составляет около 10 мкВ, у детей до 50 мкВ. Учитывая индивидуальные особенности генерации ответа, наибольшее значение при анализе первичной записи имеет скорость проведения зрительного сигнала до центральных отделов (латентность компонента N2). При последующих регистрациях, можно сравнивать не только латентность начальных компонентов, но и амплитудно-временные параметры поздних, так как в них отражается степень развития интегральных характеристик зрительной системы.

На рисунке 6 показан пример значительного изменения амплитудно-временных параметров ЗВП.

Хорошо заметно, что происходит увеличение скорости проведения зрительного сигнала и существенное улучшение его обработки. Примечательно, что эти преобразования на уровне ЗВП соответствовали значительному росту зрительных возможностей и кардинальному изменению зрительного поведения ребенка [6]. Это еще раз подтверждает эффективность использования регистрации ЗВП на вспышку как средства объективного мониторинга зрительных функций у детей с выраженным нарушением зрения. Именно такие дети являются основной целевой группой для данного вида исследования. Исходя из нашего опыта, ЗВП на вспышку у детей имеет высокую устойчивость, в отличие от аналогичных ответов у взрослых испытуемых, что значительно повышает надежность выводов на основе ЗВП на вспышку и позволяет следить за развитием зрительных функций.

У взрослых пациентов с низкой остротой зрения ЗВП на вспышку является дополнительным методом оценки зрительных функций, наряду с другими инструментальными и психофизиологическими методами исследования. Это определяется значительно большей вариабельностью ответов, вследствие усложнения электрической активности мозга, из которой мы вы-

деляем ЗВП. Зачастую, более надежные данные о состоянии зрительного анализатора можно получить при психофизиологических исследованиях, в частности при определении порога электрической чувствительности. Применение ЗВП на вспышку у взрослых необходимо в случаях противоречивости результатов других методов исследования, симуляции или затрудненного контакта с пациентом. Тем не менее, при наличии устойчивых ответов, есть возможность проводить мониторинг скорости проведения зрительного сигнала и характеристик его обработки.

Мониторинг скорости проведения зрительного сигнала является одной из важнейших задач ЗВП на вспышку. В результате исследования пациентов с патологией зрительного нерва регистрируется запись с замедлением скорости проведения зрительного сигнала или увеличением латентности компонента N2 (рис. 7). Это свидетельствует о нарушении нормальных параметров проведения сигнала по проводящим структурам зрительного анализатора. В подобных случаях основное значение имеет латентность первичных компонентов ответа (N2, P2), так как они отражают входные параметры зрительного сигнала. Сво-

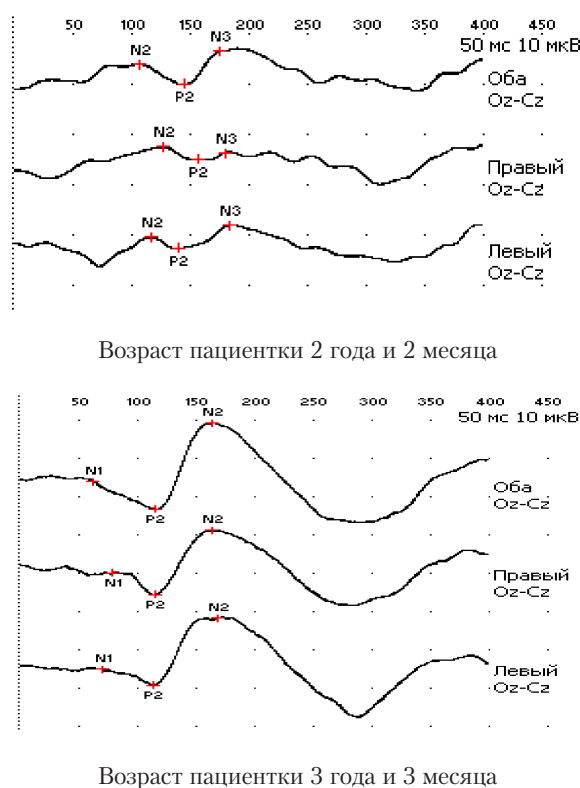


Рисунок 6. Изменение ЗВП в динамике (объективный мониторинг зрительных функций)

временное обнаружение изменений латентности данных компонентов позволяет более эффективно выстроить лечебный процесс.

*Различная степень нарушения функций правого и левого глаза.*

Особую важность комплекс показателей ЗВП демонстрирует при сравнении зрительных функций правого и левого глаза. Это определяется тем фактом, что скорость проведения информации является для зрительной системы приоритетным параметром, определяющим и отражающим доминирование одного из монокулярных каналов. На рисунке 8 показаны записи ЗВП в результате бинокулярной и монокулярной стимуляции при нарушении функций проводящей системы левого глаза. Хорошо видно, что ЗВП при стимуляции левого глаза имеет увеличенную латентность N2 и незначительно сниженную реакцию на приход зрительного сигнала, что отражается в более низкой амплитуде комплекса N2-P2, нежели у правого глаза. Как видно из записи, изменения в скорости проведения зрительного сигнала по структурам левого глаза значительно снизило активность ассоциативных отделов зрительной коры на приход информации, что отразилось в значительном снижении амплитуды комплекса P2-N3. При бинокулярной стимуляции регистрируется ответ, схожий по характеристикам с ответом правого (здорового) глаза. Следовательно, кроме объективной оценки состояния зрительных функций при выраженном различии правого и левого глаза, имеет смысл оценивать вариант бинокулярной интеграции. Эта информация может учитываться при планировании коррекционного и тренировочного процессов.

*Нормальная реакция зрительной системы на вспышку.*

Достаточно распространенным результатом регистрации ЗВП у детей является ответ с амплитудой и латентностью в пределах нормы. Как правило, такие ответы регистрируются у детей раннего возраста и свидетельствуют о высокой степени сохранности зрительных функций. Тем не менее, такого рода данные не означают отсутствия нарушения в зрительной системе. Почему? Во-первых, известно, что амплитуда регистрируемого ответа имеет высокую межиндивидуальную вариабельность. Следовательно, нахождение амплитуды ЗВП в диапазоне нормальных значений не означает отсут-

ствия патологии, а лишь определяет степень синхронной активности нейронов зрительной коры в ответ на световую стимуляцию. Во-вторых, при регистрации ЗВП на вспышку, мы получаем ответ от всего поля зрения. Следовательно, ответ нормальной амплитуды и латентности свидетельствует о хорошем функциональном состоянии зрительных структур преимущественно периферии поля зрения, но не позволяет изолированно оценить функции центрального зрения. Как указывалось выше, адекватным инструментом такой оценки является регистрация ЗВП на обрабатываемый шахматный паттерн. Следовательно, при наличии устойчивого ответа нормальной амплитуды и латентности у ребенка, необходимо ждать возможности регистрации ЗВП на паттерн для получения полноценной информации о состоянии зрительных функций различных областей поля зрения. В качестве примера, приведем запись ЗВП на вспышку и обрабатываемый паттерн у ребенка с нарушением зрительных функций на правый глаз (рис. 9).

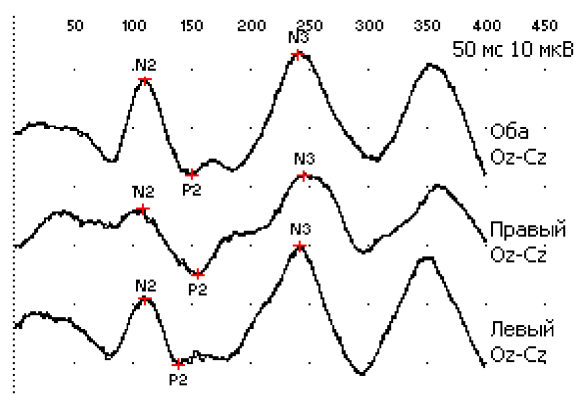


Рисунок 7. ЗВП незначительно сниженной амплитуды, скорость проведения замедлена

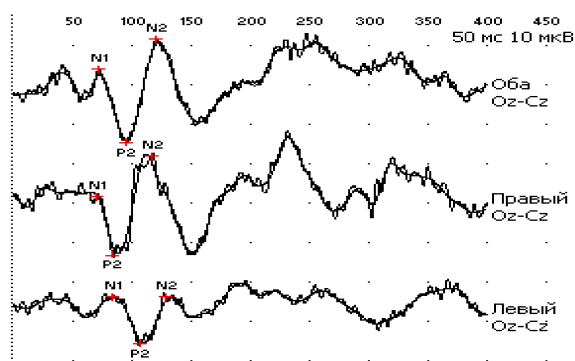


Рисунок 8. Различная скорость проведения на правый и левый глаз

Из приведенного в качестве примера ЗВП видно, что испытуемый имеет нарушение функций центрального зрения на правый глаз. Тем не менее, параметры ЗВП на вспышку левого и правого глаза данного пациента не имеют различий. Этот пример демонстрирует, что из результатов ЗВП на вспышку нельзя сделать адекватное заключение о состоянии центрального зрения. Данное свойство можно экстраполировать на результаты обследования детей раннего возраста. Принимая во внимание, что основной задачей направления на ЗВП детей раннего возраста является исключение патологии зрительной системы, важно понимать, что регистрация ЗВП на вспышку без патологических изменений не позволят исключить патологию центрального зрения, а лишь свидетельствуют о сохранной активности зрительных структур периферии поля зрения.

### Заключение

Таким образом, ЗВП на вспышку является важным диагностическим методом позволяющим решить разнообразные задачи: выявить наличие зрения, оценить степень сохранности зрительных функций периферического поля зрения, определить скорость проведения зрительного сигнала и эффективность его обработки, а также сравнить активность правого и левого монокулярных каналов и их бинокулярную интеграцию. Кроме того, ЗВП на вспышку

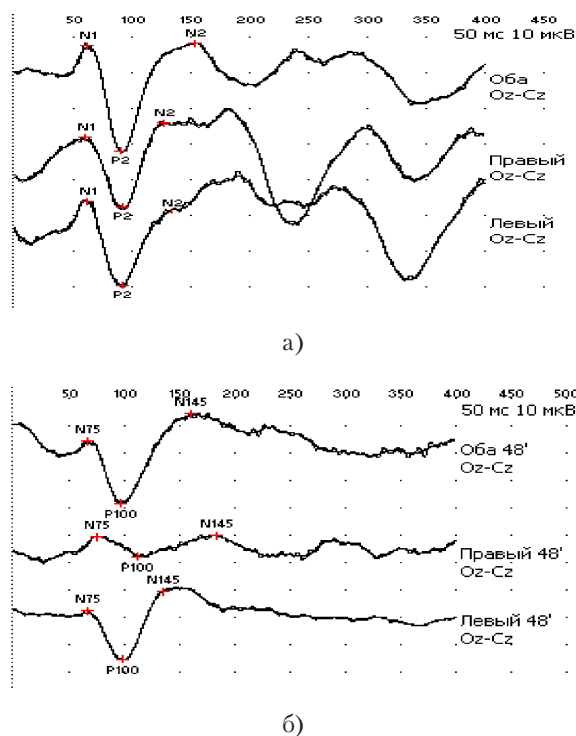


Рисунок 9. а) Нормальная амплитуда и латентность ЗВП на вспышку;  
б) Нарушение функций центрального зрения (паттерн-ЗВП)

является средством объективного мониторинга зрительных функций у детей раннего возраста. Главным ограничением ЗВП на вспышку является отсутствие возможности оценки состояния центрального зрения.

24.09.2014

### Список литературы:

1. Гнездицкий, В.В. Атлас по вызванным потенциалам (практическое руководство, основанное на анализе конкретных клинических наблюдений) / В.В. Гнездицкий, О.С. Корепина. – Иваново: Изд.-полигр. Комплекс «ПресСто». – 2011. – 532 с.
2. Зислина, Н.Н. Физиологические основы и возможности использования зрительных вызванных потенциалов в дифференциальной диагностике глазных болезней / Н.Н. Зислина, А.М. Шамшинова // Клиническая физиология зрения. Сборник научных трудов. – М.: Изд. АО «Русомед». – 1993. – С. 146–157
3. Клиническая физиология зрения / Под. ред. А.М. Шамшиновой, А.А. Яковлева, Е.В. Романовой. – М.: ПБОЮЛ «Т.М. Андреева». – 2002. – 672 с.
4. Опыт применения вызванных потенциалов в клинической практике / Под ред. В. В. Гнездицкого, А. М. Шамшиновой. – М.: АОЗТ «Антидор». – 2001. – 480 с.
5. Шамшинова, А.М. Функциональные методы исследования в офтальмологии / А.М. Шамшинова, В.В. Волков. – М.: Медицина. – 1999. – 416 с.
6. Баранчикова, И.В. Опыт применения биоматериала «Аллоплант» при лечении врожденной атрофии зрительного нерва (клинический случай) / И.В. Баранчикова, Е.Ю. Полякова // Вестник ОГУ. – 2012. – Т.148. – №12. – С. 162–164.
7. Davis, E.T. Normative data and control studies of flash VEP's for comparison to a clinical population / E.T. Davis, C.M. Schnider, J. Sherman // Am. J. Optom. Physiol. Opt. – 1987. – V. 64. – №8. – P. 579–592.
8. ISCEV standard for clinical visual evoked potentials (2009 update) / J.V. Odom [et al.] // Doc. Ophthalmol. – 2010. – V.120. – №1. – P. 111–119.
9. Weinstein, G.W. Clinical aspects of the visually evoked potential / G.W. Weinstein // Trans. Am. Ophthalmol. Soc. – 1977. – №75. – P. 627–673.

Сведения об авторах:

**Кошелев Дмитрий Иванович**, заведующий лабораторией нейрофизиологии  
Всероссийского центра глазной и пластической хирургии Минздрава России,  
кандидат биологических наук, доцент, e-mail: koshelev\_d@mail.ru

**Галаутдинов Марс Фларитович**, младший научный сотрудник лаборатории нейрофизиологии  
Всероссийского центра глазной и пластической хирургии Минздрава России,  
e-mail: mars.galautdinov@gmail.com

**Вахмянина Анна Александровна**, лаборант лаборатории нейрофизиологии  
Всероссийского центра глазной и пластической хирургии Минздрава России,  
e-mail: anariel\_93@mail.ru

450075, г. Уфа, ул. Р. Зорге 67/1