

Карпов С.М., Пажигова З.Б., Карпова Е.Н.

ГБОУ ВПО «Ставропольский государственный медицинский университет» Минздрава России, Ставрополь, Россия
355017, Ставрополь, ул. Мира, 310

Вызванные зрительные потенциалы в исследовании зрительного анализатора у больных рассеянным склерозом

Цель исследования — изучить нейрофизиологические особенности зрительного анализатора у больных рассеянным склерозом (РС) для оптимизации ранней диагностики заболевания.

Пациенты и методы. Обследовано 79 пациентов (57 женщин и 22 мужчины, средний возраст $34,31 \pm 4,7$ года) с диагнозом РС. Средняя продолжительность заболевания с учетом клинической формы составила: при ремиттирующем РС (РРС) — $3,3 \pm 2,2$ года, при вторично прогрессирующем РС (ВПРС) — $9,1 \pm 4,2$ года, при первично прогрессирующем РС (ППРС) — $2,7 \pm 1,9$ года.

Результаты и обсуждение. Нейрофизиологическое исследование показало, что при РС процессы демиелинизации в структурах зрительного анализатора на разный световой спектр протекают не одинаково. Наиболее выраженные достоверные ($p < 0,01$) отклонения по параметрам вызванных зрительных потенциалов (ВЗП) на черно-белый шахматный паттерн (ШП) наблюдались у больных с ВПРС и ППРС. Показатель латентного периода волны P100 был резко увеличен и достоверно ($p < 0,001$) отличался от показателей контрольной группы (при РРС — 127,09 мс, при ВПРС — 128,3 мс, при ППРС — 124,5 мс, в контроле — 106,1 мс). Амплитудный анализ позволил отметить достоверное снижение силы ответа волны N75–N100 на черно-белый стимул во всех клинических группах, составляя при этом в среднем 3,3 мкВ (контроль — 8,5 мкВ). Показатель латентного периода на красно-желтый ШП волны P100 был значимо увеличен и достоверно ($p < 0,001$) отличался от контрольной группы, составляя при РРС $147,29 \pm 1,19$ мс, при ВПРС — $150,23 \pm 1,49$ мс, при ППРС — $144,38 \pm 2,11$ мс. Такие же изменения были отмечены на зелено-черный ШП. При обследовании 25 пациентов с РС было выявлено повышение уровня антител IgG к основному белку миелина. Наиболее значимое увеличение латентного периода происходит на цветной спектр видимого света относительно черно-белого, что может служить ранним диагностическим критерием при РС. Данные изменения приводят к резкому снижению ответной корковой реакции. Использование цветного паттерна во многом будет способствовать улучшению ранней диагностики РС.

Ключевые слова: вызванные потенциалы; зрительный анализатор; рассеянный склероз.

Контакты: Сергей Михайлович Карпов; karpov25@rambler.ru

Для ссылки: Карпов СМ, Пажигова ЗБ, Карпова ЕН. Вызванные зрительные потенциалы в исследовании зрительного анализатора у больных рассеянным склерозом. Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2014;(3):27–31.

Visual evoked potentials in examining the visual analyzer in patients with multiple sclerosis

Karpov S.M., Pazhigova Z.B., Karpova E.N.

Stavropol State Medical University, Ministry of Health of Russia, Stavropol, Russia

310, Mir St., Stavropol 355017

Objective: to study the neurophysiological features of the visual analyzer in patients with multiple sclerosis (MS) to optimize the early diagnosis of the disease.

Patients and methods. Seventy-nine patients (57 women and 22 men, mean age 34.31 ± 4.7 years) diagnosed as having MS were examined. The mean duration of the disease with consideration for its clinical form was 3.3 ± 2.2 years in relapsing-remitting MS (RRMS), 9.1 ± 4.2 years in secondary progressive MS (SPMS), and 2.7 ± 1.9 years in primary progressive MS (PPMS).

Results and discussion. The neurophysiological examination indicated that demyelination processes in MS proceeded differently in response to dissimilar lights in the structures of the visual analyzer. The most marked significant ($p < 0.01$) deviations in the values of visual evoked potentials (VEPs) to the black-white tessellated pattern (TP) were observed in the patients with SPMS and in those with PPMS. The latency of the P100 wave increased dramatically and differed significantly ($p < 0.001$) from those in the control group (127.09 msec for RRMS, 128.3 msec for SPMS, 124.5 msec for PPMS, and 106.1 msec in the control). Amplitude analysis could reveal a significant decrease in the force of a N75–N100 wave response to the black-white stimulus in all the clinical groups, averaging $3.3 \mu W$ ($8.5 \mu W$ in the control). The latency of the P100 wave to the red-yellow TP increased considerably and differed significantly ($p < 0.001$) from that in the control group, by comprising 147.29 ± 1.19 msec for RRMS, 150.23 ± 1.49 msec for SPMS, and 144.38 ± 2.11 msec for PPMS. There were the same changes that to the green-black TP. Examination of 25 patients with MS established higher levels of IgG antibodies against myelin basic protein. The most significant latency increase occurs in response to the color spectrum of visible light against the black-white background, which may serve as an early diagnostic criterion for MS. These changes lead to a sharp decrease in a cortical feedback. The use of the color pattern will largely contribute to the improved early diagnosis of MS.

Key words: visual evoked potentials; visual analyzer; multiple sclerosis.

Contact: Sergei Mikhailovich Karpov; karpov25@rambler.ru

For reference: Karpov SM, Pazhigova ZB, Karpova EN. Visual evoked potentials in examining the visual analyzer in patients with multiple sclerosis. Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics. 2014;(3):27–31.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14412/2074-2711-2014-3-27-31>

Распространенность рассеянного склероза (РС) в мире и, в частности, в нашей стране велика [1–3]. Еще недавно для врача выявление первых клинических признаков РС не имело существенного значения, так как вся терапия сводилась лишь к симптоматическому лечению. Учитывая современные успехи фармакологии и результаты использования новых препаратов в лечении РС, ранняя диагностика заболевания приобретает главенствующую роль.

Цель исследования — изучить нейрофизиологические особенности зрительного анализатора у больных РС для оптимизации ранней диагностики заболевания.

Пациенты и методы. Обследовано 79 пациентов (57 женщин и 22 мужчины, средний возраст $34,31 \pm 4,7$ года) с диагнозом РС, который ранее был подтвержден в клиниках Москвы, Ростова-на-Дону, Ставрополя. Распределение по возрасту и типу течения РС представлено в табл. 1.

Средняя продолжительность заболевания с учетом клинической формы составила: ремиттирующего РС (РРС) — $3,3 \pm 2,2$ года, вторично прогрессирующего РС (ВПРС) — $9,1 \pm 4,2$ года, первично прогрессирующего РС (ППРС) — $2,7 \pm 1,9$ года. Повреждение функциональных систем и степень инвалидизации у пациентов с РС оценивались в баллах по расширенной шкале инвалидизации EDSS (Kurtzke J.F., 1983). Легкая степень тяжести соответствовала 1–3 ($2,39 \pm 0,1$) баллам, средняя — 4–6 ($5,3 \pm 1,1$), тяжелая — от 7 и более ($7,6 \pm 1,4$). В связи с этим все обследованные были разделены на две группы в зависимости степени тяжести РС.

Большинство обследованных находились в состоянии относительной ремиссии заболевания. Критерием включения в исследование было наличие у больного диагноза РС и показателей течения заболевания — частоты клинически отчетливых обострений и темпа нарастания неврологического дефицита. Были исключены больные РС в период обострения заболевания, с черепно-мозговой травмой или нейроинфекцией в анамнезе.

Для оценки зрительного анализатора проводилось нейрофизиологическое исследование на приборе «Нейрон-Спектр-4/ВПМ». Изучали латентный период (ЛП) и амплитуду вызванных зрительных потенциалов (ВЗП) при ответе на реверсный черно-белый, красно-желтый и зелено-черный шахматные паттерны (ШП). Достоинством данного исследования является наиболее четкое выделение в графическом отображении основной волны P100, что соответствует активации 17-го (первичная зрительная кора) и 18-го (зрительная ассоциативная кора) полей по Бродману [4]. Метод позволяет проследить проведение нервного импульса по зрительным волокнам, начиная от клеток сетчатки (палочки и колбочки, диполярные и ганглиозные клетки), далее по зрительному нерву, через затылочный тракт и структуры среднего мозга до затылочной доли коры головного мозга, а также количественно оценить скорость проведения по зрительному анализатору ответного импульса на черно-белый и цветной спектр видимого света. Исследование проводилось по стандартной методике. Активный электрод размещали над затылочной областью в отведениях O2, O1 международной схемы «10–20%» с заземляющим электродом в лобной области (в точке Fpz). Ипсилатеральный электрод располагали в точке Cz. Импеданс под электродами составлял не более 10 кОм, размер ячейки — 49'. Используя сменяющийся черно-белый (1-я проба) и цветной (красно-желтый — 2-я проба, зеленый — 3-я проба) ШП, проводили поочередную стимуляцию светом левого и правого глаз в затемненной комнате с предварительной адаптацией, в положении сидя, за одно исследование. Оценивали ЛП ВЗП — компонентов N75, P100 и N145 в миллисекундах (мс) и амплитуду — ответ N75–P100 в милливольтках (мкВ). Контрольную группу составили 30 здо-

литу вызванных зрительных потенциалов (ВЗП) при ответе на реверсный черно-белый, красно-желтый и зелено-черный шахматные паттерны (ШП). Достоинством данного исследования является наиболее четкое выделение в графическом отображении основной волны P100, что соответствует активации 17-го (первичная зрительная кора) и 18-го (зрительная ассоциативная кора) полей по Бродману [4]. Метод позволяет проследить проведение нервного импульса по зрительным волокнам, начиная от клеток сетчатки (палочки и колбочки, диполярные и ганглиозные клетки), далее по зрительному нерву, через затылочный тракт и структуры среднего мозга до затылочной доли коры головного мозга, а также количественно оценить скорость проведения по зрительному анализатору ответного импульса на черно-белый и цветной спектр видимого света. Исследование проводилось по стандартной методике. Активный электрод размещали над затылочной областью в отведениях O2, O1 международной схемы «10–20%» с заземляющим электродом в лобной области (в точке Fpz). Ипсилатеральный электрод располагали в точке Cz. Импеданс под электродами составлял не более 10 кОм, размер ячейки — 49'. Используя сменяющийся черно-белый (1-я проба) и цветной (красно-желтый — 2-я проба, зеленый — 3-я проба) ШП, проводили поочередную стимуляцию светом левого и правого глаз в затемненной комнате с предварительной адаптацией, в положении сидя, за одно исследование. Оценивали ЛП ВЗП — компонентов N75, P100 и N145 в миллисекундах (мс) и амплитуду — ответ N75–P100 в милливольтках (мкВ). Контрольную группу составили 30 здо-

Таблица 1. *Распределение пациентов по возрасту и типу течения РС, n (%)*

Возраст, годы	РРС	ВПРС	ППРС	Всего
18–29	32 (40,5)	4 (5,1)	3 (3,8)	39 (49,4)
30–39	9 (11,4)	8 (10,1)	6 (7,6)	23 (29,1)
40–50	4 (5,0)	3 (3,8)	10 (12,7)	17 (21,5)
Всего	45 (56,9)	15 (18,9)	19 (24,2)	79 (100)

Таблица 2. *Количественные показатели ВЗП на черно-белый ШП у больных с разными клиническими формами РС, $M \pm SD$*

Показатели ВЗП	РРС (n=31)	ВПРС (n=13)	ППРС (n=16)	Контрольная группа (n=30)
ЛП, мс:				
N75	$81,81 \pm 0,79$ (80,19–83,42)	$85,31 \pm 0,80$ (83,56–87,06)	$85,37 \pm 0,67$ (83,94–86,80)	$72,1 \pm 0,2$
P100	$127,09 \pm 0,85$ (125,37–128,82)	$128,31 \pm 1,06$ (126,00–130,61)	$124,50 \pm 1,50$ (105,44–143,56)	$106,1 \pm 1,89$
N145	$157,16 \pm 1,03$ (155,05–159,27)	$159,23 \pm 1,16$ (156,70–161,76)	$153,00 \pm 1,00$ (140,29–165,70)	$148,3 \pm 1,41$
Амплитуда, мкВ	$3,77 \pm 0,4$ (3,54–4,00)	$3,50 \pm 0,7$ (3,35–3,64)	$3,30 \pm 0,15$ (2,64–3,95)	$8,5 \pm 0,12$
Коэффициент корреляции Спирмена (волна P100)	С ВПРС -0,029 С ППРС +0,193 С контролем -0,074	С ППРС +0,141 С РРС -0,029 С контролем +0,423	С РРС +0,193 С ВПРС +0,141 С контролем +0,295	С РРС -0,074 С ВПРС +0,423 С ППРС +0,295

Примечание. В скобках указан 95% доверительный интервал для среднего значения (здесь и в табл. 3, 4).

ровых лиц соответствующего пола и возраста.

У 36 больных было проведено лабораторное обследование с определением методом иммуноферментного анализа антител к основному белку миеллина (ОБМ) [5].

Для анализа полученных результатов использовали расчет средних арифметических величин (M) и их ошибок (m), а также доверительный интервал. Достоверность различий средних значений оценивали с применением t -критерия Стьюдента; использовался пакет статистических программ SPSS 21.

Результаты и обсуждение. Выделены группы больных со следующими клиническими формами заболевания: РРС – 45 (56,9%) больных, ВПРС – 15 (18,9%), ППРС – 19 (24,2%).

В группе с РРС преобладали больные с легкой степенью инвалидизации. В группе с ВПРС больных со средней

Таблица 3. Количественные показатели ВЗП на цветной (красно-желтый) ШП у больных с разными клиническими формами РС, $M \pm SD$

Показатели ВЗП	РРС (n=31)	ВПРС (n=13)	ППРС (n=16)	Контрольная группа (n=30)
ЛП, мс:				
N75	89,55±0,49 (88,53–90,57)	91,85±0,53 (90,69–93,00)	88,84±0,25 (88,30–89,38)	72,1±0,2
P100	147,29±1,19 (144,86–149,71)	150,23±1,49 (146,95–153,49)	144,38±2,11 (139,78–148,98)	106,1±1,89
N145	180,77±0,98 (178,80–188,77)	180,30±1,45 (177,14–183,47)	180,92±1,70 (177,21–184,62)	148,3±1,41
Амплитуда, мкВ	2,02±0,07 (1,88–2,16)	2,00±0,1 (1,77–2,22)	2,12±0,12 (1,85–2,38)	8,5±0,12
Коэффициент корреляции Спирмена (волна P100)	С ВПРС +1,000* С ППРС -0,468 С контролем +0,170	С ППРС -0,468 С РРС +1,000* С контролем +0,170	С РРС -0,468 С ВПРС -0,468 С контролем +0,496	С РРС +0,170 С ВПРС +0,170 С ППРС +0,496

Примечание. * – значимая корреляция ($p < 0,01$), односторонняя стимуляция (здесь и в табл. 4).

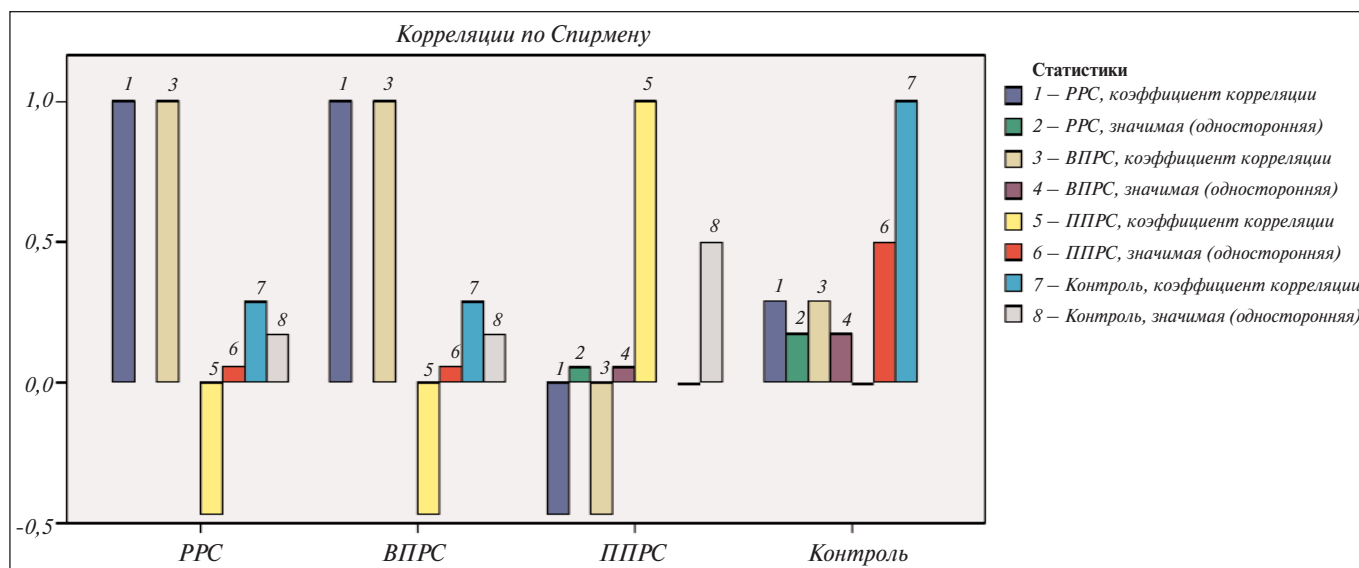


Рис. 2. Корреляционный анализ по Спирмену ВЗП на цветной (красно-желтый) ШП (по ЛП волны P100) у больных с разными клиническими формами РС

Таблица 4. Количественные показатели ВЗП на цветной (зелено-черный) ШП у больных РС, $M \pm SD$

Показатели ВЗП	РРС (n=31)	ВПРС (n=13)	ППРС (n=16)	Контрольная группа (n=30)
ЛП, мс:				
N75	90,55±0,5 (89,53–91,59)	93,85±0,50 (92,69–95,12)	89,43±0,30 (88,79–90,08)	72,1±0,2
P100	148,38±1,21 (145,90–150,86)	152,24±1,51 (148,96–155,48)	145,56±1,73 (141,86–149,25)	106,1±1,89
N145	181,78±0,97 (179,77–183,67)	182,32±1,49 (179,19–185,52)	181,87±1,40 (178,87–184,87)	148,3±1,41
Амплитуда, мкВ	1,82±0,08 (1,68–1,96)	1,76±0,06 (1,63–1,90)	1,95±0,1 (1,73–2,17)	8,5±0,12
Коэффициент корреляции Спирмена (волна P100)	С ВПРС +0,996* С ППРС -0,411 С контролем +0,127	С ППРС -0,468 С РРС +0,996* С контролем +0,288	С РРС -0,411 С ВПРС -0,468 С контролем +0,030	С РРС ++0,127 С ВПРС +0,288 С ППРС ++0,030

степенью инвалидизации было больше в 3 раза, а с тяжелой степенью — в 5,5 раза. Во всех группах среди неврологических симптомов чаще встречались нарушения координации и центральные парезы конечностей. Более чем в 90% случаев у больных с РС легкой степени тяжести отмечались нарушения только в рефлекторной сфере. Известно, что зрительные нарушения на том или ином этапе заболевания являются у подавляющего числа больных РС, а на аутопсии повреждение зрительного нерва обнаруживается в 94–95% случаев [6–10]. В связи с этим использование ВЗП определило ряд закономерностей в группах с разными клиническими формами РС. Результаты представлены в табл. 2.

Нейрофизиологическое обследование позволило выявить, что наиболее выраженные достоверные ($p < 0,01$) отклонения по параметрам ВЗП по сравнению с контрольной группой наблюдались у больных ВПРС и ППРС. ЛП волны N75 при данных формах составил 85,3 мс; показатель при РРС также достоверно ($p < 0,01$) отличался от параметров контрольной группы (72,1±0,2 мс) и составил 81,81 мс. Показатель ЛП наиболее стабильной волны P100 также был резко увеличен и достоверно ($p < 0,001$) отличался от показателей контрольной группы (106,1 мс), составляя при РРС 127,09 мс, при ВПРС — 128,3 мс, при ППРС — 124,5 мс. ЛП дальнего поля (N145) также был достоверно ($p < 0,01$) увеличен. Только у 9 (15%) пациентов общей выборки (все случаи в группе РРС) ЛП волны P100 в ответ на черно-белый паттерн был в пределах показателей контрольной группы.

Амплитудный анализ позволил отметить достоверное снижение силы ответа волны N75–N100 на черно-белый стимул во всех клинических группах, который составлял в среднем 3,3 мкВ (в контроле — 8,5 мкВ). На рис. 1 графически представлены компоненты ВЗП.

Наибольший интерес представлял анализ ответа на цветной сменяющийся ШП. Во 2-й пробе использовался реверс красного и желтого цветов с близким диапазоном видимого света (красный — длина волны 625–740 нм, желтый — длина волны 565–590 нм). Проведенные исследования позволили выявить достоверные изменения как по показателям ЛП, так и по амплитуде ответа. Результаты представлены в табл. 3 и 4.

Наиболее выраженные отклонения по параметрам ВЗП на красно-желтый ШП достоверно ($p < 0,01$) наблюдались у больных ВПРС. ЛП волны N75 составил 91,85±0,53 мс, ЛП при РРС и ППРС были достоверно ($p < 0,01$) выше и составили в первом случае 89,55±0,49 мс,

во втором — 88,84±0,25 мс, в то время как в контрольной группе — 72,1±0,2 мс. Показатель ЛП волны P100 также был резко увеличен и достоверно ($p < 0,001$) отличался от такового в контрольной группе (106,1±1,89 мс), составляя при РРС 147,29±1,19 мс, при ВПРС 150,23±1,49 мс, при ППРС — 144,38±2,11 мс. ЛП волны N145 был достоверно выше контрольных значений. Корреляционный анализ (по Спирмену) позволил отметить значимую корреляцию волны P100 преимущественно между группами РРС и ВПРС (рис. 2).

Амплитудный анализ показал во всех клинических группах достоверное снижение силы ответа на красно-желтый стимул, который составил в среднем 2 мкВ при контрольных значениях 8,5 мкВ.

При ВЗП на зелено-черный реверсный ШП импульсное воздействие в моноцветовом режиме видимого света было направлено только на систему клеток-колбочек с диапазоном длины волны 500–565 нм, которая короче длины волны красного и желтого цвета. В данной пробе ВЗП на зеленый цвет установлено достоверное ($p < 0,001$) увеличение ЛП при всех клинических формах РС. Наиболее значимым удлинением ЛП волны N75 было при ВПРС — 93,85±0,50 мс. Результаты ЛП при РРС и ППРС носили похожий характер, составляя в первом случае 90,55±0,5 мс, во втором — 89,43±0,30 мс, и достоверно ($p < 0,001$) отличались от показателей контрольной группы. Показатель ЛП волны P100 был значительно увеличен и достоверно ($p < 0,001$) отличался от показателей контрольной группы (106,1±1,89 мс), составляя при РРС 148,38±1,21 мс, при ВПРС — 152,24±1,51 мс, при ППРС — 145,56±1,73 мс. Показатели ЛП волны N145 также были достоверно изменены. Найдена значимая корреляция по показателям ВЗП между группами больных РРС и ВПРС.

Амплитудный анализ позволил отметить достоверное снижение амплитуды волны N75–P100 на зелено-черный стимул во всех клинических группах, которая не превышала в среднем 2 мкВ, что указывало на слабую реакцию зрительной коры.

Результаты исследования дают основание полагать, что снижение амплитуды ответа по результатам ВЗП в разных световых волновых диапазонах связано со снижением импульсного потока по волокнам зрительного анализатора и как следствие этого — с уменьшением числа нейронов, которые активируют ответную реакцию коры на стимул.

Увеличение ЛП реакции зрительного анализатора у больных РС является следствием процессов демиелинизации. В связи с этим были проведены иммунологические исследования с определением концентрации IgG-антител к основному белку миелина (ОБМ) как проявление хронической иммунологической реакции. При обследовании 25 пациентов (17 с РРС и 8 с ВПРС) выявлено, что концентрация IgG-антител к ОБМ достоверно ($p < 0,001$) превышала уровень контрольной группы ($50,1 \pm 2,12$ мкг/мл) и составила $782,9 \pm 5,2$ мкг/мл. Следует отметить, что повышение уровня антител к ОБМ было выявлено во всех случаях.

Таким образом, результаты нейрофизиологического исследования показывают, что при РС процессы демиелинизации в структурах зрительного анализатора, отвечающих на разный световой спектр, протекают неодинаково. Наиболее значимо увеличение ЛП ответа на цветной спектр видимого света относительно черно-белого, что может служить ранним диагностическим критерием при РС. Данные изменения приводят к резкому уменьшению ответа коры головного мозга вследствие сниженной аксональной проводимости по волокнам зрительного анализатора. Мы считаем, что использование результатов исследования в клинической практике во многом будет способствовать улучшению ранней диагностики РС.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Пажигова ЗБ, Карпов СМ, Шевченко ПП, Бурнусус НИ. Распространенность рассеянного склероза в мире (обзорная статья). Международный журнал экспериментального образования. 2014;(1–2):78–82. [Pazhigova ZB, Karpov SM, Shevchenko PP, Burnususs NI. Prevalence of multiple sclerosis in the world (review). *Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*. 2014;(1–2):78–82. (In Russ.)]
2. Зихова АР, Березгова ЛМ, Тлапшокова ЛБ, Бойко АН. Эпидемиологические характеристики рассеянного склероза в Кабардино-Балкарской республике. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2013;113(10–2):5–7. [Zikhova AR, Berezgova LM, Tlapshokova LB, Boiko AN. Epidemiological characteristics of multiple sclerosis in the Kabardino-Balkaria Republic. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*. 2013;113(10–2):5–7. (In Russ.)]
3. Алифирова ВМ, Титова МА. Клиническая характеристика рассеянного склероза в Томской области. Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2012;(2):50–1. [Alifirova VM, Titova MA. Clinical characteristics of multiple sclerosis in the Tomsk region. *Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika = Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2012;(2):50–1. (In Russ.)]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14412/2074-2711-2012-382>.
4. Гнездицкий ВВ. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике. Таганрог: ТРТУ; 1997. 252 с. [Gnezditskii VV. *Vyzvannyye potentsialy mozga v klinicheskoi praktike* [The caused potentials of a brain in clinical practice]. Taganrog: TRTU; 1997. 252 p.]
5. Карпов СМ, Батурин ВА, Тельбух ВП и др. Аутоантитела к основному белку миелина и их роль при демиелинизирующих процессах. Клиническая неврология. 2013;(3):16–9. [Karpov SM, Baturin VA, Tel'bukh VP, et al. Antibodies to the main protein of a myelin and their role at the demyelinating processes. *Klinicheskaya nevrologiya*. 2013;(3):16–9. (In Russ.)]
6. Шмидт ТЕ, Яхно НН. Рассеянный склероз: Руководство для врачей. 3-е изд. Москва: МЕДпресс-информ; 2012. 272 с. [Shmidt TE, Yakhno NN. *Rasseyannyi skleroz: rukovodstvo dlya vrachei* [Multiple sclerosis: the guide for doctors]. 3rd ed. Moscow: MEDpress-inform; 2012. 272 p.]
7. Кубарко АИ, Кубарко НП, Кубарко ЮА. Световая чувствительность у пациентов с демиелинизирующей оптической нейропатией при остром ретробульбарном неврите. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2014;114(2–2):40–7. [Kubarko AI, Kubarko NP, Kubarko YuA. Light sensitivity of the visual system in patients with demyelinating optic neuropathy in acute retrobulbar neuritis. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*. 2014;114(2–2):40–7. (In Russ.)]
8. Costello F, Coupland S, Hodge W, et al. Quantifying axonal loss after optic neuritis with optical coherence tomography. *Ann Neurol*. 2006;59(6):963–9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ana.20851>.
9. Rocca MA, Hickman SJ, Bo L, et al. Imaging the optic nerve in multiple sclerosis. *Multiple Scler*. 2005;11(5):537–41. DOI: <http://dx.doi.org/10.1191/1352458505ms12130a>.
10. Morquette JB, Di Polo A. Dendritic and synaptic protection: is it enough to save the retinal ganglion cell body and axon? *Neuroophthalmol*. 2008;28(2):144–54. DOI: [10.1097/WNO.0b013e318177edf0](http://dx.doi.org/10.1097/WNO.0b013e318177edf0).

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать. Все авторы принимали участие в разработке концепции статьи и написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами.