

УДК:515.2:616-073.97

Н.Г. Короткиева, В.П. Омельченко**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОМЕРНЫХ
СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ЭЭГ ПРИ МОНИТОРИНГЕ
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА
ПАЦИЕНТОВ С РАССЕЯННЫМ СКЛЕРОЗОМ**

В работе представлена возможность повышения информативности электроэнцефалограммы методами многомерного статистического анализа (дискриминантный анализ, многомерное шкалирование) у больных рассеянным склерозом.

Электроэнцефалография; дискриминантный анализ; многомерное шкалирование; рассеянный склероз.

N.G. Korotkiewa, V.P. Omelchenko**THE EFFECTIVENESS OF APPLYING MULTIPLE STATISTIC METHODS OF
EEG ANALYSIS WHEN MONITORING BRAIN FUNCTIONAL CONDITIONS
OF PATIENTS MULTIPLE SCLEROSIS**

The article regards the possibility of improving EEG informativeness for multiple sclerosis patients through methods of multiple statistic analysis (discriminant analysis, multiple scaling)

EEG; discriminant analysis; multiple scaling; multiple sclerosis.

Известно, что электроэнцефалограмма (ЭЭГ) отражает сложную структуру активности коры головного мозга, которая у здорового человека отличается определенной картиной, соответствующей гармоничной сочетанности протекания основных нервных процессов в мозге. Под влиянием патологического процесса ЭЭГ существенно изменяется [1]. Однако информативность этого метода обследования считается невысокой. Возможно, это обусловлено тем, что при мониторинге функционального состояния головного мозга больных приходится учитывать и интерпретировать огромное количество взаимосвязанных показателей. В связи с этим актуальным видится применение методов многомерного статистического анализа, позволяющих получать отсортированную информацию из большого массива данных [2,3]. В нашем исследовании использовался метод многомерного шкалирования и дискриминантный анализ.

Целью исследования является повышение эффективности ЭЭГ-обследования для оценки функционального состояния головного мозга пациентов с рассеянным склерозом. Обследовались 33 пациента, находившихся на лечении в отделении нервных болезней и нейрохирургии №1 РостГМУ. Всем обследуемым было проведено исследование функционального состояния головного мозга, включающее регистрацию ЭЭГ и психологическое тестирование. Электроэнцефалограмма регистрировалась от 16 монополярных отведений, расположенных по международной схеме 10-20 % с помощью аппаратно-программного комплекса «Энцефалан 131-03» фирмы «Медиком МТД». Первичная обработка ЭЭГ включала автоматическое удаление артефактов от электроокулограммы (ЭОГ), вычисление нормированных спектров мощности (НСМ) и значений функций когерентности в диапазоне от 1 до 24 Гц. Предварительное сопоставление спектрально-когерентных характеристик обследованных больных в динамике или по сравне-

нию с нормой осуществляли с помощью параметрического t-критерий Стьюдента. С целью повышения информативности показателей биоэлектрической активности головного мозга осуществлялась их обработка методами многомерного статистического анализа (дискриминантный анализ, многомерное шкалирование).

При предварительном сравнении НСМ у больных с рассеянным склерозом по сравнению со здоровыми испытуемыми было выявлено увеличение этого показателя в пределах 1-2 Гц практически во всех отведениях, уменьшение 3 Гц частотной составляющей. Достоверно отмечались более высокие значения НСМ в пределах частот 8-10 Гц на фоне уменьшения мощности 13 Гц составляющей (рис.1). Происходило смещение фокуса 11 Гц частотной составляющей в центральные и височные отделы (С4, С3, Т3, Т4). При рассеянном склерозе в картине ЭЭГ наблюдалось значительное ослабление диффузной бета – активности (частотой 14-18 и 21-23 Гц) практически во всех отведениях. Обращала на себя внимание реципрокность поведения бета1-активности по отношению к другим, например, и к альфа частотным диапазонам, что можно рассматривать как отражение состояния компенсаторных механизмов в условиях церебральной патологии.

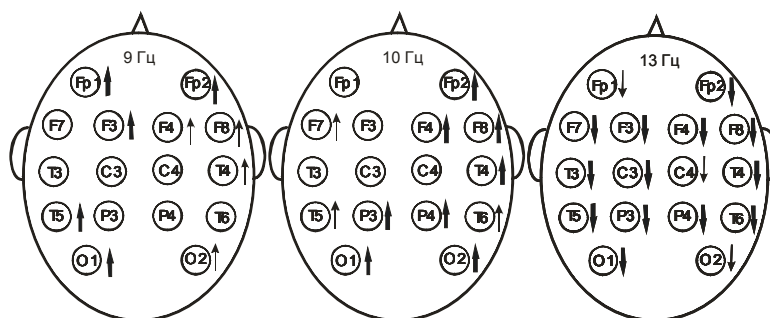


Рис. 1. Паттерн пространственного распределения изменений НСМ у больных РС по сравнению со здоровыми испытуемыми в пределах частот 9-10 Гц, 13 Гц

Анализ межцентральных отношений электрических процессов мозга больных РС показал значимые уменьшения уровней внутриполушарных и межполушарных когерентностей ЭЭГ на частоте 11 Гц и значимые увеличения когерентностей по частотам 2-3, 6-7, 9, 12-20 Гц. Имело место усиление функции когерентности между затылочной и лобной областями головного мозга (O1-F7, O1-Fp1, O2-F8, O2-Fp2) в диапазоне частот α -ритма и низкочастотного β -ритма. Значительные отклонения когерентности были обнаружены между симметричными центральными, затылочными и лобными областями. Этот факт совпадает со снижением синхронизации биопотенциалов между симметричными корковыми зонами, что можно рассматривать в качестве признака их функционального разобщения, препятствующего сочтанной работе полушарий.

Таким образом, у данной группы обследуемых выявлены значимые изменения биоэлектрической активности головного мозга, однако картина ЭЭГ-показателей у больных при оценке и мониторинге функционального состояния головного мозга всегда оказывается достаточно сложной. Представлялось важным выявить основной вектор преобразований, сравнив весь комплекс учитываемых показателей с таковыми у здоровых людей, т.е. нормой. В связи со спецификой шкалы измерений электрофизиологических показателей адекватными методами решения таких задач, по нашему мнению, является дискриминантный анализ и многомерное шкалирование.

При обработке данных ЭЭГ с помощью модуля General Discriminant Analysis (GDA) системы Statistica 6.0 был получен интегральный вектор, отражающий распределение наиболее значимых частот по всем областям головного мозга для больных рассеянным склерозом и практически здоровых испытуемых. В состав интегральной классификационной функции вошли частотные составляющие практически всех ритмов ЭЭГ, однако наиболее значимо были представлены высоко-частотные составляющие бета-ритма 23-24 Гц и 11-12 Гц составляющие альфа-ритма.

Мерой удачности разделения пациентов на 2 группы служил корреляционный коэффициент между рассчитанными значениями дискриминантной функции и показателем принадлежности к группе. Значение $R=0,994$ свидетельствовало о хорошем разделении при $p \leq 0,001$. Значение лямбды Уилкса, равное 0,0119, характеризовало то, что средние значения дискриминантных функций значительно отличались в обеих группах. Значение, выводимое под именем "Eigenvalue" (Собственное значение), соответствовало отношению суммы квадратов между группами к сумме квадратов внутри групп и имело величину 82,77. Большое собственное значение указывало на удачно подобранные дискриминантные функции. Критерий χ^2 Пирсона имел величину 473,81 и во много раз превышал критическую величину, что свидетельствует о достоверном разделении пациентов на группы.

Для расчета параметров эффективности выявления функционального состояния, характерного для больных РС, с помощью дискриминантных моделей, были рассчитаны следующие показатели: чувствительность модели составила 70 %, специфичность 65,7 %, точность 0,68. Таким образом, составленные модели были информативными.

Полученные дискриминантные модели дополняют существующие модели решения проблем выбора эффективных классификационных признаков и распознавания при малых объемах выборок, характерных для медицинских исследований.

Проведение анализа ЭЭГ методами математической статистики существенно расширяет возможности исследователя. Была рассмотрена возможность изучения изменений биоэлектрической активности головного мозга обследуемых с различными неврологическими заболеваниями в ходе лечения с помощью метода многомерного шкалирования. Методы многомерного шкалирования (МШ) разработаны и применяются в практике исследований сложных явлений и процессов, не поддающихся непосредственному описанию или моделированию. В основу теории многомерного шкалирования положена идея о возможности развертывания наблюдаемых объектов в некотором теоретическом пространстве, адекватно отображающем реальность. В отличие от других статистических методов, поиск координатного пространства в МШ осуществляется не по значениям самих характеризующих объекты признаков, а по данным, представляющим различия или наоборот, сходство этих объектов.

При анализе данных ЭЭГ больных рассеянным склерозом по отдельным частотным интервалам наиболее четкое различие отмечено в диапазоне частот 13–24 Гц. В этом случае наблюдается четкое разделение данных на три группы: группа здоровых, группа больных РС в начале лечения и группа больных РС в конце лечения (рис. 2).

При транспонировании исходной матрицы данных проводился анализ, который позволил оценить сходство исследуемых параметров по всем 16 отведениям. Наблюдалось четкое разделение ЭЭГ данных по всем отведениям с формированием пространства для здоровых испытуемых и больных РС. В ходе лечения

поле точек больных РС приближалось к пространству точек контрольной группы в основном в височно-теменных отведениях (рис. 3).

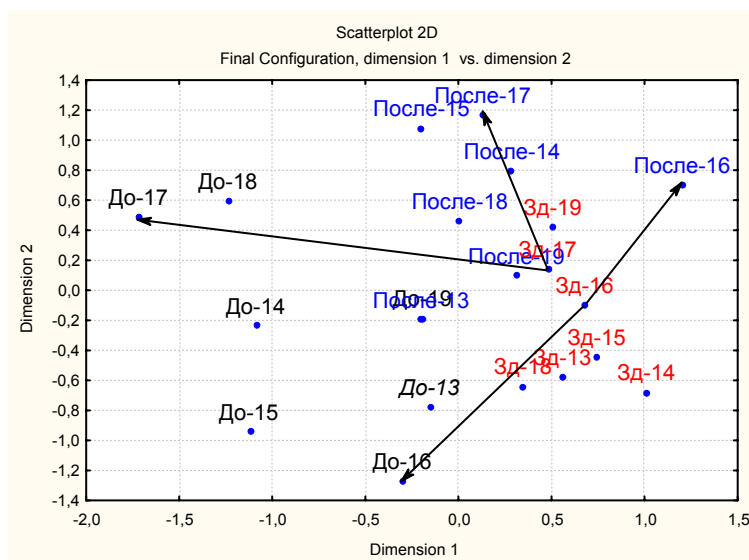


Рис. 2. Результаты многомерного шкалирования ЭЭГ (До – данные пациентов до начала лечения, После – данные пациентов после проведения лечения, ЗД – данные здоровых пациентов; число обозначает частоту в Гц)

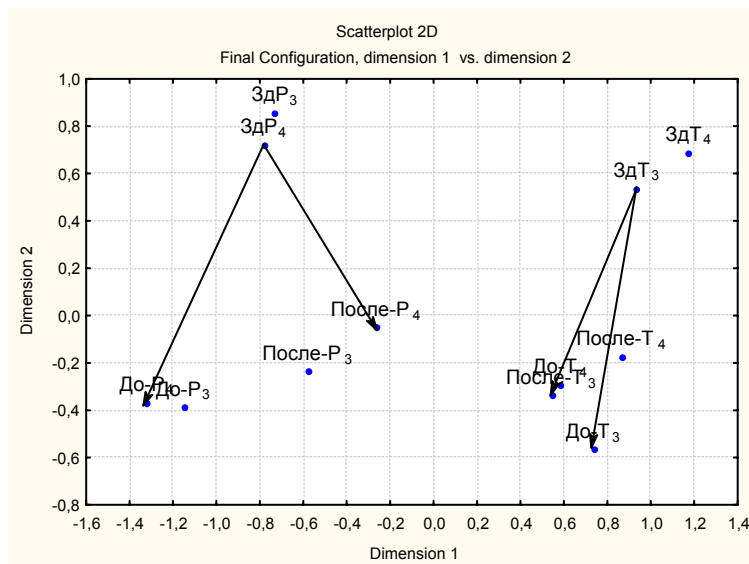


Рис. 3. Пространство расстояний между показателями ЭЭГ в височно-теменных отведениях (До – данные пациентов до начала лечения, После – данные пациентов после проведения лечения, ЗД – данные здоровых пациентов; Буква обозначает отведение)

Метод многомерного шкалирования позволяет сформировать некоторое теоретическое пространство, характеризующее «похожесть» нескольких объектов. В данной работе объектами анализа на «похожесть» являются ЭЭГ-сигналы здоровых и больных людей, записанные в разные моменты времени. В результате исследования эти данные представлены на графике в виде совокупности точек в некотором теоретическом пространстве. Совокупность точек, характеризующих состояние пациента, последовательно «перемещалась» в процессе лечения от момента первой записи к совокупности точек, характеризующих состояние здоровых людей. В соответствии с этим можно говорить об эффективности проводимого лечения (точки выздоравливающих пациентов расположены ближе к точкам здоровых людей, чем точки больных до начала лечения).

Таким образом, применение методов многомерного шкалирования и дискриминантного анализа при анализе электроэнцефалографических данных позволяет повысить информативность данного метода в оценке и мониторинге функционального состояния головного мозга пациентов с рассеянным склерозом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Зенков Л.Р.* Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии): руководство для врачей / Л. Р. Зенков. – 3-е изд. – М.: МЕДпресс-информ, 2004. – 368 с.
2. *Дубров А.М.* Многомерные статистические методы / А.М. Дубров, В.С. Трошин, Л.И. Мхитарян. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 352 с.
3. *Халафян А.А.* STATISTICA 6. Статистический анализ данных / А.А. Халяфян. – М.: Бинном, 2007. – 512 с.

Короткиева Наталья Георгиевна

Ростовский государственный медицинский университет Росздрава.

E-mail: kng-as@yandex.ru.

344718, г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, 29, тел.: (928)2793745.

Кафедра медицинской и биологической физики, ассистент, к.б.н.

Korotkiewa Natalya Georgievna

Rostov State Medical University Roszdrava.

E-mail: kng-as@yandex.ru.

29, Nakhichevansky side street, Rostov-na-Donu, 344718, Russia, Phone: (928)2793745.

Department of medical and biological physics, assistant, Cand. Biol. Sci.

Омельченко Виталий Петрович

Ростовский государственный медицинский университет Росздрава.

E-mail: kng-as@yandex.ru.

344718, г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский 29, тел.: (863)2632352.

Кафедра медицинской и биологической физики, заведующий, профессор, д.б.н.

Omelchenko Vitaly Petrovich

Rostov State Medical University Roszdrava.

E-mail: kng-as@yandex.ru.

29, Nakhichevansky side street, Rostov-na-Donu, 344718, Russia, Phone: (863)2632352.

Department of medical and biological physics, head, professor, Dr. Sci. Biol.