

УДК 616.8 – 073.97 (004.942)

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИССЛЕДОВАНИИ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ

**Кижеватова Е.А., Омельченко В.П.**

*ГБОУ ВПО «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства  
здравоохранения Российской Федерации, Ростов-на-Дону, e-mail: alyonatim@mail.ru*

Исследовались нарушения когнитивных функций головного мозга у пациентов с диабетической энцефалопатией и у пациентов с дисциркуляторной энцефалопатией. Учитывались результаты клинической оценки состояния пациентов, а также результаты психологических тестов и решения когнитивных задач. Всем испытуемым проводили съем фоновой рутинной электроэнцефалограммы (16 каналов ЭЭГ, ЭКГ и ЭОГ), а также ЭЭГ по разработанному сценарию, согласно которому во время ЭЭГ пациентам предлагался ряд когнитивных задач. После этого проводили спектральный анализ ЭЭГ, по результатам которого установили, что у больных с энцефалопатиями имеет место уменьшение мощности альфа-ритма и смещение активности ЭЭГ в сторону медленных волн, а также увеличение мощности дельта-ритма. Для классификации ЭЭГ больных с дисциркуляторной энцефалопатией, больных с диабетической энцефалопатией и ЭЭГ здоровых лиц применили дискриминантный анализ, по результатам которого были построены дискриминантные функции, матрицы классификации для каждой функции, диагностическая чувствительность моделей в среднем по 16 отведениям 92,2%.

**Ключевые слова:** диабетическая энцефалопатия, дисциркуляторная энцефалопатия, когнитивные нарушения, электроэнцефалограмма (ЭЭГ), спектральный анализ, дискриминантные функции

## INFORMATION TECHNOLOGIES IN RESEARCH OF COGNITIVE FUNCTIONS

**Kizhevatoва E.A., Omelchenko V.P.**

*SBEI of HPE «Rostov state medical University» of the Ministry of health  
of the Russian Federation, Rostov-on-Don, e-mail: alyonatim@mail.ru*

Violations of cognitive functions of a brain at patients with diabetic encephalopathy and at patients with discirculatory encephalopathy were investigated. Results of a clinical assessment of patients' condition, and also results of psychological tests and the solution of cognitive tasks were considered. Registration of usual electroencephalography was carried out to all the patients (16 EEG, electrocardiogram and EOG channels), and also EEG by the developed scenario according to which during EEG a number of cognitive tasks was offered to patients. After that the spectral analysis of EEG was carried out. By the results it was established that at patients with encephalopathies reduction of power of an alpha rhythm and shift of activity of EEG towards slow waves, and also increase in power of a delta rhythm takes place. For classification of EEG of patients with discirculatory encephalopathy, patients with diabetic encephalopathy and EEG of healthy faces applied the discriminant analysis by results of which discriminant functions, classification matrixes for each function, diagnostic sensitivity of models on average on 16 assignments of 92,2% were constructed.

**Keywords:** diabetic encephalopathy, discirculator encephalopathy, cognitive dysfunctions, electroencephalography (EEG), spectral analysis, discriminant functions

Прогресс современной медицины во многом связан с расширением диагностических возможностей. Последние 15 лет характеризовались широким внедрением новых и значительным совершенствованием уже известных функционально-диагностических методов исследования головного мозга [9]. Интраскопические методы нейровизуализации, такие как рентгеновская и магнитно-резонансная томография, ультразвуковое сканирование, перестали быть экзотикой и сегодня доступны для многих лечебно-профилактических учреждений. Они позволяют «заглянуть вовнутрь мозга» и с большей точностью фиксировать патоморфологические изменения. Однако и на таком фоне метод оценки функционирования головного мозга по его электрической активности – электроэнцефалографии (ЭЭГ) – не потерял своей значимости. И вот

уже на протяжении 80 лет ЭЭГ широко используется в исследованиях заболеваний нервной системы, однако клиническое значение ряда выявляемых с помощью нее феноменов продолжает оставаться предметом дискуссий [5, 7, 9, 8].

Результаты многочисленных исследований однозначно свидетельствуют о том, что регистрируемая с помощью стандартной ЭЭГ биоэлектрическая активность головного мозга является производной корковых процессов, в которых находит отражение когнитивная активность [2, 3, 6]. Таким образом, достаточно актуальным является исследование биоэлектрической активности головного мозга у больных с энцефалопатиями и следующим им нарушениями когнитивных функций для выявления основных параметров ЭЭГ, что будет являться дополнительным критерием в верной постановке диагноза.

**Целью** настоящей работы является применение информационных технологий для повышения информативности компьютерного анализа ЭЭГ при оценке когнитивных функций у больных с диабетической и с дисциркуляторной энцефалопатиями. А также выявление особенностей ЭЭГ, которые свойственны для больных с вышеназванными заболеваниями.

### Материалы и методы исследования

В данном исследовании приняли участие 90 человек: больные с диабетической энцефалопатией, больные с дисциркуляторной энцефалопатией и контрольная группа (здоровые лица). В группе больных с диабетической энцефалопатией было 20 женщин и 10 мужчин. В группе больных с дисциркуляторной энцефалопатией было 12 женщины и 18 мужчин. Средний возраст больных с диабетической энцефалопатией  $58,9 \pm 4,3$  ( $p \geq 0,95$ ) лет. Средний возраст больных с дисциркуляторной энцефалопатией  $69,1 \pm 2,6$  ( $p \geq 0,95$ ) лет. Контрольную группу составили здоровые лица 28–75 лет, общая численность которых была 30 человек (16 женщин и 14 мужчин).

Запись биоэлектрической активности головного мозга (Фоновая запись: состояние расслабленное, глаза закрыты) осуществлялась на 16-канальном электроэнцефалографе «Энцефалан-131-03». Исследование проводили на базе кафедры медицинской и биологической физики Ростовского государственного медицинского университета. Одновременно с сигналами ЭЭГ снимали сигналы электрокардиограммы (ЭКГ) и электроокулограммы (ЭОГ) для последующей фильтрации ЭЭГ от артефактов.

**Диагностика когнитивных расстройств** базировалась на субъективных жалобах пациента, опросе его родственников, оценке неврологического статуса, результатах психологического тестирования. Для клинической оценки психологического состояния больных были выбраны наиболее часто предъявляемые на приеме врача симптомы: снижение настроения, тревога, общая слабость, головная боль, проблемы взаимоотношения с окружающими, неспособность справиться со сложившейся ситуацией, нарушение режима бодрствование-сон, жалобы на плохую память, снижение интеллектуальных способностей.

В качестве скринингового исследования нарушений когнитивных функций использовали следующие тесты: «5 слов»; проба Шульте; тест рисования часов; мини-исследование психического статуса испытуемых; реактивной и личностной тревожности Спилберга – Ханина; цветового восприятия Люшера.

Поставленная ранее задача решалась *путем проведения вербальных тестов*: пациенту с клинически выявленным синдромом умеренных когнитивных расстройств проводили фоновую регистрацию ЭЭГ с открытыми и закрытыми глазами (по 3 минуты), затем предлагали два вербальных теста «Слова» и «Растения» при открытых глазах и регистрировали ЭЭГ. Выполнение данных тестов вызывает активацию наиболее страдающих при хронической ишемии мозга интеллектуальных функций (внимание, память, речевая активность, мышление и т.д.). Биоэлектрическая активность наиболее задействованных при этом зон мозга (лобные и височные отведения), а также

соседних зон, обеспечивающих интегративную деятельность, является отражением когнитивных процессов, в том числе патологических.

После получения данных биоэлектрических сигналов их обрабатывали при помощи программ MSExcel 2007, Statistica 6.0 и специализированного ПО «Энцефалан» версия 2014 года. Были проведены следующие математические анализы ЭЭГ: анализ спектральной мощности ЭЭГ (абсолютные значения мощности и относительные значения мощности), дискриминантный анализ, – по результатам которых были выявлены наиболее значимые ритмы для дифференциации испытуемых на две группы: больных с дисциркуляторной энцефалопатией и здоровых лиц, больных с диабетической энцефалопатией и здоровых лиц.

По результатам спектрального анализа выяснили, что чем ниже мощность  $\alpha$ -ритма и выше у  $\delta$ -ритма, тем более выражены патологические процессы в головном мозге у больных диабетической и дисциркуляторной энцефалопатиями.

### Результаты исследования и их обсуждение

По результатам психологического тестирования выяснили, что только 40% испытуемых имели средние показатели тестов. В то время как 60% испытуемых – нарушения когнитивных функций различной степени выраженности. Так, тест «5 слов»: непосредственное воспроизведение –  $4,4 \pm 0,2$  (норма 5 слов); проба Шульте –  $65,7 \pm 9,1$  секунд (норма 25–30 секунд); тест рисования часов  $8,4 \pm 0,2$  баллов (в норме 10 баллов). При этом тяжесть нарушения когнитивных функций не зависела от пола пациентов и их возраста. Эти результаты подтверждают наличие когнитивных дисфункций у больных с диабетической энцефалопатией и у больных с дисциркуляторной энцефалопатией, выраженных расстройством памяти, трудоспособности, рассеянностью и пр. Примеры результатов теста на рисование часов больными испытуемыми представлены на рис. 1.

Выявленные психоневрологические изменения у пациентов с диабетической энцефалопатией и с дисциркуляторной энцефалопатией нашли отражение в нарушении биоэлектрической активности головного мозга. При визуальном анализе было установлено, что имел место сдвиг частоты биоэлектрической активности в сторону медленных волн. По мере утяжеления степени когнитивных расстройств наблюдалось уменьшение активности  $\alpha$ -ритма (8–14 Гц) и увеличение активности  $\delta$ -ритма (1–4 Гц). Согласно литературным данным, имеющийся на ЭЭГ сдвиг частоты биоэлектрической активности головного мозга в сторону медленных волн обычно связан с дистрофическими процессами, демиелинизирующим и дегенеративным поражением головного мозга [4].

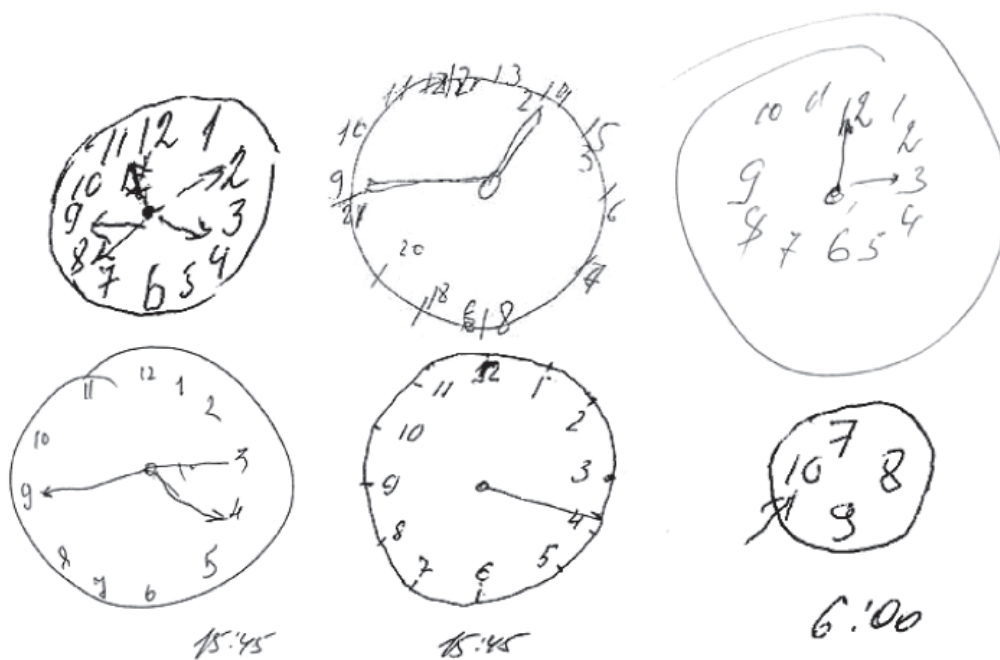


Рис. 1. Примеры рисунков часов шестерых испытуемых

Спектральный анализ также показал, что когнитивные нарушения отражались на параметрах  $\alpha$ - и  $\delta$ -ритма. На рис. 2–4 изображены относительные спектры затылочных (рис. 2 и 3 O1-A1, O2-A2) и центральных (рис. 4 и 5 C3-A1, C4-A2) отведений. Чем ниже мощность  $\alpha$ -ритма и выше  $\delta$ -ритма, тем более выражены патологические процессы, связанные с когнитивными нарушениями, в головном мозге у больных с диабетической и с дисциркуляторной энцефалопатиями. Спектральные характеристики альфа-активности, по данным литературы, слабо коррелируют с уровнем интеллекта, но сам альфаритм является производным когнитивной деятельности, поэтому снижение его мощности по сравнению с контрольной группой можно рассматривать как отражение более низкой когнитивной активности. Этот показатель может стать особенно интересным,

в связи с его специфичностью для когнитивных функций.

На основе данных, полученных от спектрального анализа, был проведен дискриминантный анализ, по результатам которого были построены четыре дискриминантные функции  $F_{\text{ФонОГ}}$ ,  $F_{\text{ФонЗГ}}$ ,  $F_{\text{Растения}}$ ,  $F_{\text{Слова}}$  описывающие взаимосвязь характеристик ЭЭГ у испытуемых в процессе выполнения когнитивных задач. Также построены матрицы классификации. Диагностическая чувствительность модели – процент больных диабетической энцефалопатией, верно отнесенных после исследования к патологии (среднее по 16 отведениям): 92,2%. В ходе исследования были получены доверительные интервалы значений ( $p > 0,95$ ) ранее названных функций для больных с диабетической энцефалопатией, с дисциркуляторной энцефалопатией и здоровых лиц.

### Относительные спектры отведения O1-A1

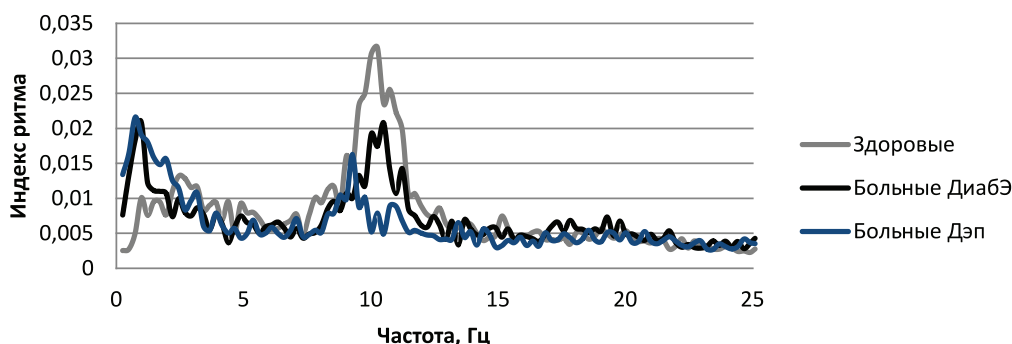


Рис. 2. Относительные спектры отведения O1-A1

### Относительные спектры отведения O2-A2

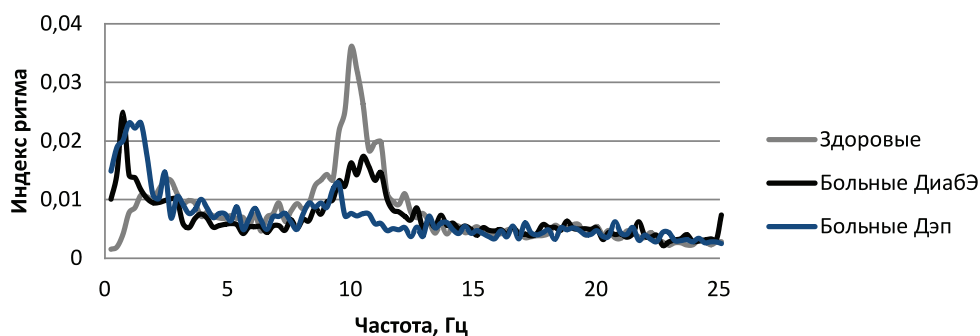


Рис. 3. Относительные спектры отведения O2-A2

### Относительные спектры отведения C3-A1

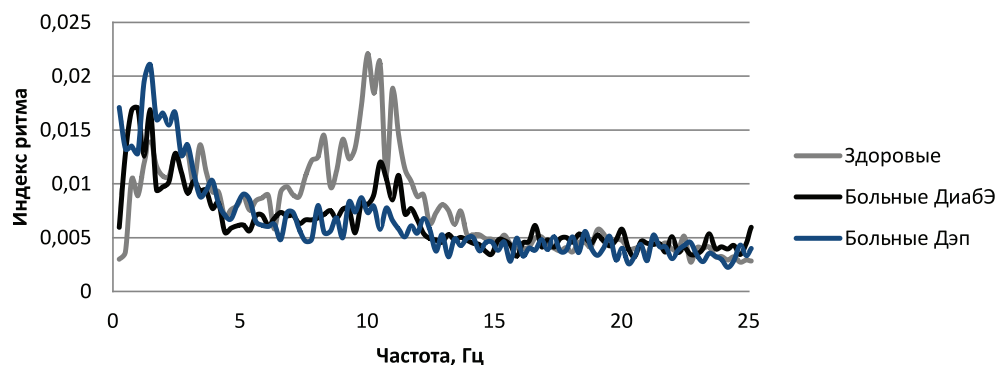


Рис. 4. Относительные спектры отведения C3-A1

### Относительные спектры отведения C4-A2

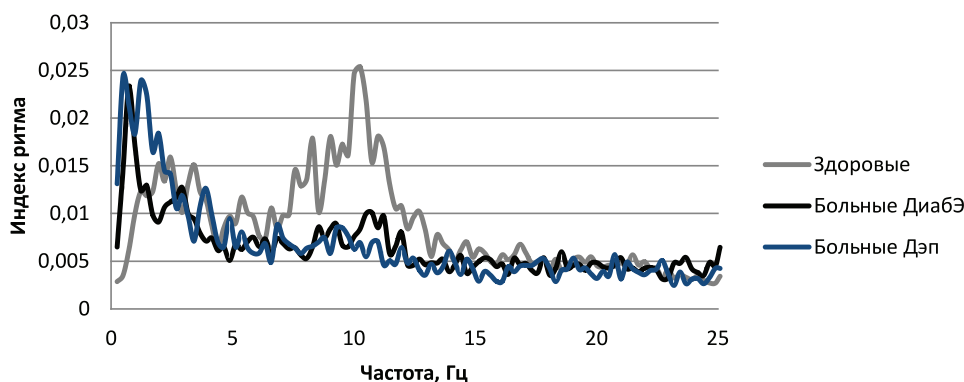


Рис. 5. Относительные спектры отведения C4-A2

Предлагаемый способ позволяет повысить точность дифференциальной диагностики сосудистых и других когнитивных расстройств, улучшить результаты их ранней диагностики и оптимизировать выбор тактики лечения при минимальном объеме параклинических методов исследований.

В заключение можно сделать вывод, что в ЭЭГ находят отражения изменения когнитивной деятельности, что проявляется в отличиях ЭЭГ у больных с диабетической и с дисциркуляторной энцефалопатиями и здоровых лиц. Особенно значимые изменения получены в альфа- и дельта-диапазонах.

При помощи дискриминантного анализа были получены дискриминантные функции, составлены матрицы классификации для разделения на группы больных и здоровых.

Полученные результаты при условии расширения эксперимента могут быть дополнены и служить одним из диагностических критериев когнитивных нарушений у больных с диабетической энцефалопатией и у больных с дисциркуляторной энцефалопатией.

#### Список литературы

1. Вейсман М. Скрытые возможности нашего мозга. – СПб.: Вектор, 2012. – 325 с.
2. Гнездицкий В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. – 268 с.
3. Кижеватова Е.А., Омельченко В.П. Анализ биоэлектрической активности головного мозга при когнитивных нарушениях у больных энцефалопатией // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2014. – № 10 (159). – С. 69–77.
4. Маркин С.П. Нарушение когнитивных функций во врачебной практике: методическое пособие: [Электронный документ] / Воронежская государственная медицинская академия им. Н.Н. Бурденко – URL: <http://medi.ru/doc/g241818.htm>.
5. Михальчик, И.О. Омельченко, В.П. Нелинейный анализ ритмических составляющих электроэнцефалограммы человека в норме // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2014. – № 10 (159). – С. 52–59.
6. Омельченко В.П., Тимошенко Е.А. Применение дискриминантного анализа для классификации ЭЭГ больных диабетической энцефалопатией // Инженерный вестник Дона. – 2012. – Т. 22. – № 4–1 (22). – 16 с.
7. Полунина, А.Г. Показатели электроэнцефалограммы при оценке когнитивных функций // Журнал неврологии и психиатрии. – 2012. – № 7. – С. 74–82.
8. Смычков А.С. Прогнозирование функционального восстановления и исхода острого периода полужарного ишемического инсульта по данным электроэнцефалографии: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2011. – 27 с.

9. Цыган, В.Н. Электроэнцефалография / В.Н. Цыган, М.М. Боголовский, А.В. Миролобов; под ред. М.М. Дьяконова. – СПб.: Наука, 2008. – С. 19–23.

#### References

1. Veysman M. Skrytye vozmozhnosti nashego mozga (Hidden opportunities of our brain), StPet: Vektor, 2012, 325 p.
2. Gnezditsiy V.V. Obratnaya zadacha EEG i klinicheskaya elektroentsefalografiya (Return problem of EEG and clinical electroencephalography), Taganrog: Izdatelstvo TRTU, 2000, 268 p.
3. Kizhevatova E.A., Omelchenko V.P. *Izvestiya SFedU. Engineering sciences*, 2014, no 10 (159), pp. 69–77.
4. Markin S.P. *Narusheniye akognitivnykh funktsiy vo vrachebnoy praktike: metodicheskoe posobie* (Cognitive functions in medical practice: methodic book) Available at: <http://medi.ru/doc/g241818.htm> (accessed 29 March 2015).
5. Mikhailchich I.O., Omelchenko V.P. *Izvestiya SFedU. Engineering sciences*, 2014, no 10 (159), pp. 52–59
6. Omelchenko V.P., Timoshenko E.A. *Engineering Journal of Don* (Electronic scientific journal), 2012, Vol. 22, no. 4–1 (22), p 16, available at: <http://www.ivdon.ru/en/magazine/archive/n4p1y2012/1135>.
7. Polunina A.G. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii*, 2012, no 7, pp. 74–82.
8. Smychko A.S. *Prognozirovaniye funktsionalnogo vostanovleniya i iskhoda ostrogo perioda polusharnogo ishemicheskogo insulta po dannym elektroentsefalografii* (Forecasting of functional restoration and outcome of the sharp period of a ischemic stroke according to an electroencephalography), Moscow, 2011, 27 p.
9. Tsygan V.N. *Electroencephalography*, StPet: Nauka, 2008, pp. 19–23.

#### Рецензенты:

Заика В.Г., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой психиатрии, ГБОУ ВПО «Ростовский государственный медицинский университет» МЗ РФ, г. Ростов-на-Дону;

Колмакова Т.С., д.б.н., доцент, заведующая кафедрой медицинской биологии и генетики ГБОУ ВПО «Ростовский государственный медицинский университет» МЗ РФ, г. Ростов-на-Дону.