

перестройками мозговых систем у опытных медитаторов.

Как известно, одной из структур, отвечающих за эмоциональные переживания, является орбито-фронтальная кора, причем левое полушарие связано с положительными эмоциями. Известно, что используемый в настоящей работе способ медитации вызывает у испытуемых состояние эмоционального благополучия. Из литературы известно, что спокойное уравновешенное состояние во время медитации ассоциируется с активацией передней части поясной

извилины мозга и части префронтальной коры. Исходя из этого, можно предположить, что более высокий индекс самоафинности в левой лобной области отражает более высокую по сравнению с другими отведениями синхронизацию источников, принимающих участие в генерации ЭЭГ.

Исследование поддержано грантом СПбГУ № 37.23.1496.2013

Lutz, A., Slagter, H. A., Dunne, J. D., & Davidson, R. J. 2008. Attention regulation and monitoring in meditation. *Trends in Cognitive Science*, 12, 163—169.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЭЭГ РЕАКЦИИ НА ЛИЦА, КОТОРЫМ ПРЕДШЕСТВОВАЛ ЭМОЦИОНАЛЬНО ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ПРАЙМИНГ

**Л. А. Дмитриева, Д. А. Зорина,
И. Е. Кануников, Ю. А. Куперин,
Н. М. Сметанин, Д. А. Фомичева**
*madam.mila-dmitrieva@yandex.ru,
zorina.d@gmail.com, igorkan@mail.ru,
yuri.kuperin@gmail.com, smt0@bk.ru,
hromatica@gmail.com*
СПбГУ (Санкт-Петербург)

Работа посвящена дальнейшему исследованию электроэнцефалографических реакций мозга в ответ на предъявление лиц, которые ранее предъявлялись испытуемому в эмоционально-отрицательном контексте. Схема эксперимента такова: первоначально испытуемому показывают некоторый 3-минутный эмоционально отрицательный видеofilm криминального содержания со сценой насилия. В видеofilmе участвуют жертва, преступник и свидетель. После просмотра этого видеofilmа испытуемому предъявляются эти же лица, но запечатленные с нейтральным выражением лица. В результате испытуемому предъявляются фотографии жертвы, преступника и свидетеля с нейтральным выражением. Каждое лицо предъявляется 10 раз в случайном порядке, чтобы можно было в дальнейшем вырезать из всей многоканальной ЭЭГ, которая пишется в ходе предъявлений стимулов, фрагменты длиной 1000 отсчетов (2 секунды), каждый из которых соответствует ЭЭГ реакции после предъявления одного из трех стимулов.

В первой части работы были исследованы мультифрактальные спектры (см. Паршин, Божокин 2001) сигналов ЭЭГ в ответ на различные стимулы (преступник, свидетель, жертва). Было разработано новое программное обеспечение в среде Matlab для вычисления мультифрактальных спектров. Насколько известно авторам,

исследование мультифрактальных спектров для рядов ЭЭГ ранее не проводилось. В настоящей работе мультифрактальные спектры исследовались по двум параметрам: ширина мультифрактального спектра и крутизна левого хвоста мультифрактального спектра. Указанные характеристики были вычислены по каждому из 20 каналов для участков ЭЭГ длиной 1000 отсчетов (2 секунды), фиксированных после предъявления стимула. Стимулы (нейтральные фотографии преступника, свидетеля и жертвы) предъявлялись в случайном порядке. Всего было обработано 10 предъявлений каждого стимула для восьми испытуемых. Итого, было получено 1600 значений ширины мультифрактального спектра и 1600 значений крутизны левого хвоста мультифрактального спектра для каждого из трех стимулов. Далее полученные результаты обрабатывались статистически методом дисперсионного анализа с повторными измерениями в программе STATISTICA. Результаты статистической обработки показали, что характеристики мультифрактальных спектров для некоторых отведений многоканальной ЭЭГ позволяют статистически значимо отличать реакции испытуемых на стимулы (преступник, свидетель, жертва). Именно, было показано, что средняя ширина и средняя крутизна левого хвоста мультифрактальных спектров испытуемых в отведениях F3, Fz, F4, C3, Cz, C4 для стимула «свидетель» значимо меньше, чем для стимула «преступник» (уровень значимости $\alpha=0.01$). Это означает, что во фронтально-центральных отведениях мультифрактальные спектры ЭЭГ реакций на стимул «преступник» по сравнению со стимулом «свидетель» достоверно шире, что означает наличие большей степени мультифрактальности в этих реакциях.

В теменно-затылочно-височных отведениях T5 P3 Pz P4 T6 O1 Oz O2 статистическое значимое различие наиболее явно проявляется в ЭЭГ реакциях на стимулы «свидетель» и «жертва». Для этой пары стимулов в указанных отведениях большую степень мультифрактальности вызывает стимул «свидетель».

Также в рассматриваемой работе был модифицирован известный метод вычисления корреляционных размерностей реконструированных аттракторов временных рядов. В настоящем исследовании впервые изучались не только корреляционные размерности восстановленных по ЭЭГ аттракторов (этой теме посвящено множество исследований, (см, например, Kantz, Schreiber 1999 и Hegger, Kantz, Schreiber 1999). А главным объектом исследования стала разность между нефигурованными корреляционными размерностями каналов ЭЭГ и EMD-фильтрованными корреляционными размерностями (EMD-фильтрации и ее особенностям для различных временных рядов, посвящена, например работа Flandrin, Gonçalves, Lyon 2004). Под EMD-фильтрованными корреляционными размерностями каналов ЭЭГ в настоящей работе мы понимаем корреляционные размерности, вычисленные по каналам ЭЭГ, из которых отброшены первые две моды EMD-разложения. Методом ЛПП (локальных показателей разбегания на реконструированном аттракторе канала ЭЭГ) коллективом авторов (Chepilko, Dmitrieva, Kuperin 2012) ранее было показано, что сумма первых двух мод ЭЭГ является стохастической компонентой (это физический и физиологический шум). Таким образом, чем меньше указанная разность, тем меньше «шума» в сигналах ЭЭГ. Вычисления проводились по 8 испытуемым по описанной ранее схеме. Для каждого испытуемого проводились вычисления указанных разностей по 10 фрагментам каждого канала (20 каналов) многоканальной ЭЭГ. Однако в данном исследовании каждый фрагмент состоял из 10000 отсчетов (20 секунд), склеенный из ЭЭГ реакций на 10 предъявлений каждого стимула. Нефильтрованные корреляционные размерности вычислялись при размерности вложения, равной 5. После отбрасывания двух первых мод, EMD-фильтрованные корреляционные размер-

ности вычислялись при размерности вложения, равной 4. Далее полученные результаты подвергались статистической обработке стандартными методами дисперсионного анализа с повторениями (Repeated ANOVA). Результаты статистической обработки показали, что описанный подход позволяет статистически значимо отличать реакции испытуемых на стимулы (преступник, свидетель, жертва) для некоторых отведений. Так, например, оказалось, что средняя разность корреляционных размерностей в отведениях Fp1 F3 Fz F4 F8 T3 C3 Cz T4 T5 P3 Pz P4 T6 O1 Oz O2 для стимула «свидетель» значимо меньше, чем для стимула «преступник» (уровень значимости $\alpha=0.01$). Таким образом, в ЭЭГ реакциях на стимул «свидетель» значимо меньше «шума», чем в ЭЭГ реакциях на стимул «преступник». Кроме того, средняя разность корреляционных размерностей в отведениях Fp1 Fp2 F7 F3 Fz F4 F8 T3 T4 для стимула «свидетель» значимо меньше, чем для стимула «жертва» ($\alpha=0.01$). То есть в указанных отведениях в реакциях на стимул «свидетель» «шума» также значимо меньше, чем в ЭЭГ реакциях на стимул «жертва». Подобные исследования методами теории сложных систем, как показано, имеют хорошую перспективу в области количественных методов исследования проблемы неоднозначности.

Исследование поддержано грантом СПбГУ № 0.38.518.2013 «Когнитивные механизмы преодоления информационный многозначности»

Божокин С. В., Паршин Д. А. 2001. Фракталы и мультифракталы. — Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика».

Flandrin P., Gonçalves P., Lyon D. 2004. Detrending and denoising with empirical mode decompositions // *Statistics*. Issue: 3, Pages: 1581—1584.

A. A. Mekler, L. A. Dmitrieva, Y. A. Kuperin and I. N. Sedlinsky. 2010. Empirical mode decomposition products complexity in EEG studies: influence of functional state. // *Clinical Neurophysiology*, Volume 121, Supplement 1, October 2010, Page S247.

S. Chepilko, L. Dmitrieva, Yu. Kuperin. 2012. Application of Artificial Neural Networks to Study the Properties of Reconstructed Attractors of Time Series // *Proceedings of 2nd International Conference — Stochastic Modeling Techniques and Data Analysis I* Chania, Crete, Greece, June 5—8, 2012, pp.95—101.

H. Kantz and T. Schreiber. 1997. *Nonlinear Time Series Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, 304 p.

Hegger R., Kantz H., Schreiber T. 1999. Practical implementation of nonlinear time series methods: The TISEAN package // *CHAOS* 9. — Pages 413—435.

ОТРАЖЕНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ В ХАРАКТЕРИСТИКАХ ВОКАЛИЗАЦИЙ 12-МЕСЯЧНЫХ МЛАДЕНЦЕВ

Е. Б. Дмитриева, Е. Е. Ляксо
dmitrjane@gmail.com
СПбГУ (Санкт-Петербург)

Работа проведена в рамках исследования становления эмоций в онтогенезе и их отражения в поведении ребенка. Целью данного исследова-