Особенности фрактальной динамики ЭЭГ α-ритма у больных с невротическими и неврозоподобными расстройствами

Е.В. ШУЛЬЦ, И.Н. БАБУРИН*, Т.А. КАРАВАЕВА, Б.Д. КАРВАСАРСКИЙ, В.Б. СЛЕЗИН

Features of fractal dynamics EEG of alpha-rhythm in patients with neurotic and neurosis-like disorders

E.V. SCHULTZ, I.N. BABURIN, T.A. KARAVAEVA, B.D. KARVASARSKY, V.B. SLEZIN

Санкт-Петербургский научно-исследовательский психоневрологический институт им. В.М. Бехтерева

Обследовали 55 больных с невротическими и неврозоподобными расстройствами и 20 здоровых лиц (контрольная группа) в возрасте от 17 до 64 лет. Методом исследования была электроэнцефалография с использованием фрактального анализа колебаний мощности α-ритма ЭЭГ. Установлено, что для всех больных характерны одинаковые по направленности изменения фрактальной структуры: снижение фрактальных индексов низкочастотных и повышение фрактальных индексов среднечастотных флюктуаций мощности α-ритма. При этом особенностью пациентов с неврозоподобными расстройствами от пациентов с невротическими нарушениями являются более выраженные (количественные) изменения фрактальной структуры, носящие более диффузный характер. Это может указывать на наличие более глубоких патологических изменений при неврозоподобных расстройствах.

Ключевые слова: *невротическое расстройство, неврозоподобное расстройство, фрактальный анализ ЭЭГ.*

Fifty-five patients with neurotic and neurosis-like disorders and 20 healthy controls, aged 17—64 years, have been examined. The basic research method was electroencephalography (EEG) with the fractal analysis of alpha power fluctuations. In patients, the changes in the fractal structure were of the same direction: the decrease of fractal indexes of low-frequency fluctuations and the increase of fractal indexes of mid-frequency fluctuations. Patients with neurosis-like disorders, in comparison to those with neurotic disorders, were characterized by more expressed (quantitative) changes in fractal structures of more extended character. It suggests the presence of deeper pathological changes in patients with neurosis-like disorders.

Keywords: *neurotic disorder, neurosis-like disorder, EEG fractal analysis.*

Исследования последних десятилетий свидетельствуют о возрастании интереса к изучению различных природных явлений, включая функционирование живых организмов, с применением математического аппарата нелинейной динамики, на что еще в 1939 г. указывал А.А. Ухтомский [10].

Внимание многих исследователей привлекают сигналы электрической активности головного мозга человека в рамках концепции детерминированного хаоса. Фрактальный хаос играет заметную роль в организации церебральных процессов всех уровней структурно-иерархической организации — от активности отдельных нейронов до кооперативной динамики мозга в целом [5, 8, 12]. Показатель степени хаотичности при нормальном функционировании системы может принимать любые значения внутри некоторого диапазона, характерного для данной системы, что обеспечивает устойчивую деятельность тканей мозга при формировании поведенческих реакций и восприятии и обработке сенсорной [12] и несенсорной [8] информации. Изменение свойственного норме уровня хаотичности ЭЭГ (в ту или иную сторону) неблагоприятно для системы, что наблюдается при ряде неврологических и психических заболеваний [2, 4, 6, 7, 9, 11, 13, 14].

Одним из проявлений фрактального хаоса в ЭЭГ являются так называемые «странные аттракторы» (для их характеристики используется корреляционная размерность) [1]. Другое проявление фрактальных свойств электрической активности коры — флюктуации со спектром $1/f^b$, где f — частота, b — численный параметр (фрактальный индекс).

Цель настоящего исследования — установление особенностей фрактальной динамики α-ритма ЭЭГ у больных с невротическими и неврозоподобными расстройствами.

В работе был использован алгоритм экспериментального определения размерности, основанный на соотношении между вспомогательным параметром фрактальной размерностью (b) и формой спектра мощности.

Задача исследования представлялась актуальной в связи с тем, что за последние 50 лет наблюдается уменьшение числа «чистых» невротических расстройств и возрастают трудности их дифференциальной диагностики с неврозоподобными. В одной и той же клинике Санкт-Петербургского научно-исследовательского психоневрологического института им. В.М. Бехтерева в 1960—1965 гг. «чистых» невротических расстройств диагностировано

© Коллектив авторов, 2011

e-mail: ygor_baburin@mail.ru

Zh Nevrol Psikhiatr Im SS Korsakova 2011;111:10:51

62%, в 1966—1970 гг. — 65%, в 1971—1976 гг. — 57%, в 1977—1981 гг. — 51%, в 2009 г. — 41,8%.

Материал и методы

Обследовали 55 человек, находившихся на стационарном лечении в отделении неврозов и психотерапии Санкт-Петербургского научно-исследовательского психоневрологического института им. В.М. Бехтерева. Из собственно невротических расстройств исключались неврозоподобные состояния, в основе которых лежит резидуальная церебральная патология разной степени выраженности, возникшая в связи с нарушениями процесса внутриутробного развития или вследствие перенесенных заболеваний (нейроинфекции, травмы головного мозга и др.). В контрольную группу вошли 20 здоровых лиц. При формировании группы здоровых из нее исключались лица, имеющие в анамнезе неврологический диагноз, а также признаки возможного поражения ЦНС — головные боли, головокружение, потери сознания, судороги.

Больные были разделены на две группы — пациенты с невротическими нарушениями — 37 человек, 7 мужчин и 30 женщин, и неврозоподобными расстройствами — 18 человек, 10 мужчин и 8 женщин.

Средний возраст обследованных основной и контрольной групп составлял соответственно 34,1 и 30,7 года (колебался от 17 до 64 лет).

Во всех случаях проводились детальный сбор анамнеза, традиционный неврологический осмотр и, кроме того, МРТ и запись ЭЭГ.

Запись ЭЭГ производили на компьютерном электроэнцефалографе Телепат 104-Д фирмы «Потенциал» монополярным методом с использованием стандартной международной схемы наложения электродов «10—20» (активные электроды налагали в точках Fp_1, Fp_2, F_3, F_4, C_3, C_4, P_3, P_4, O_1, O_2, F_7, F_8, T_3—T_6; индифферентные — на мочках левого и правого уха). Частота оцифровки сигналов составляла 250 Гц. Исследование проводили в затемненной комнате, испытуемые размещались в кресле в положении полулежа с фиксацией головы подголовником. ЭЭГ регистрировалась в состоянии пассивного бодрствования при закрытых глазах.

Обработку данных проводили с помощью специально разработанного пакета программ. Материалом для анализа служили сигналы отведений Fp_1, Fp_2, F_3, F_4, C_3, C_4, P_3, P_4, O_1, O_2, F_7, F_8, T_3—T_6. Математической обработке подвергали 3-минутные участки ЭЭГ, не содержащие физиологических и физических артефактов. Выбранный фрагмент ЭЭГ с помощью программного обеспечения преобразовывали в текстовый формат ASCII. Дальнейшую обработку полученных рядов первичных данных проводили пакетом программ MATLAB 6.5, на базе которого осуществлялся фрактальный анализ. Фрактальный анализ проводили в двух частотных диапазонах флюктуаций мощности α-ритма (8—13 Гц) со спектром вида $1/f^b$, а численными характеристиками его результатов являлись b1 — фрактальный индекс низкочастотных (0,1—1,5 Гц) и b2 — фрактальный индекс среднечастотных (1,5—4 Гц) флюктуаций мощности ритма.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программы Statistica 6 for Windows. Применяли непараметрические методы статистики с использованием критериев Уилкоксона и Манна—Уитни.

Результаты и обсуждение

Клиническая картина заболевания в обеих группах больных включала разные синдромы: астенический, тревожный, обсессивно-компульсивный, фобический, ипохондрический и депрессивный.

Было установлено, что у больных с невротическими и неврозоподобными расстройствами в отличие от здоровых имеются особенности фрактальных индексов как низко-, так и среднечастотных флюктуаций мощности α-ритма.

На рис. 1, а и б видно, что у больных и с невротическими, и с неврозоподобными расстройствами фрактальная структура низкочастотных флюктуаций мощности α-ритма отличается от нормы: показатель b1 снижен во всех отведениях обоих полушарий. При этом достоверные отличия в сравнении со здоровыми имеются у больных с невротическими расстройствами в левых лобных, центральном, теменном, височных и правых центральном, передне- и средневисочном отведениях, а у больных с неврозоподобными расстройствами — во всех отведениях, кроме правых заднелобного и затылочного. Между группами больных также имеются различия низкочастотных флюктуаций мощности α-ритма: больные с неврозоподобными расстройствами имеют более низкие показатели b1, достигающие достоверности в правом заднелобном и левом центральном отведениях.

При сопоставлении групп по значениям фрактальных индексов среднечастотных флюктуаций α-ритма выявлено, что по сравнению со здоровыми эти значения у больных выше во всех отведениях обоих полушарий (рис. 2), причем у больных с невротическими расстройствами достоверные отличия регистрируются в левом теменном и правых центральном, теменном, затылочном, передневисочном, средневисочном отведениях, а с неврозоподобными расстройствами — в правых заднелобном, центральном, теменном, затылочном, височных и левых височных отведениях. При этом у больных с неврозоподобными

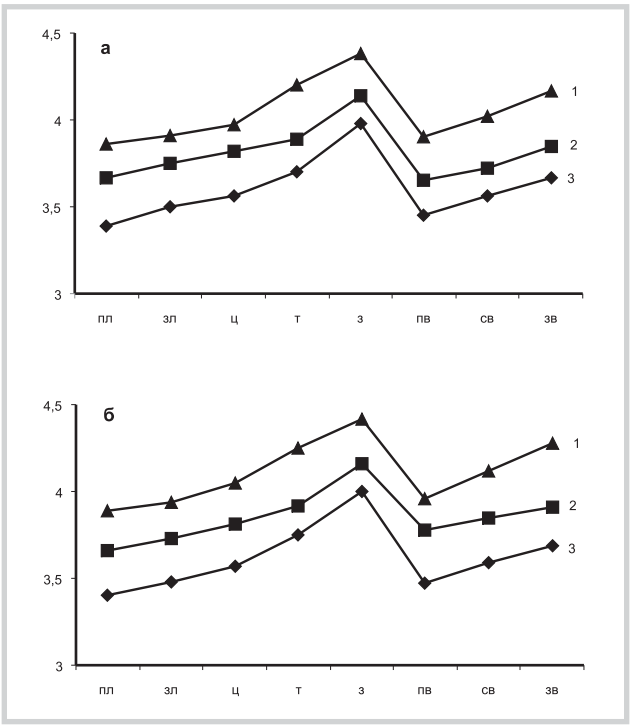

Рис. 1. **Фрактальные индексы низкочастотных флюктуаций мощности α-ритма.**

Здесь и на рис. 2: а — левое, б — правое полушарие.
По оси абсцисс обозначены отведения: ПЛ — переднелобное, ЗЛ — заднелобное, Ц — центральное, Т — теменное, З — затылочное, ПВ — передневисочное, СВ — средневисочное, ЗВ — задневисочное.
1 — здоровые; 2 — невротические расстройства; 3 — неврозоподобные расстройства.

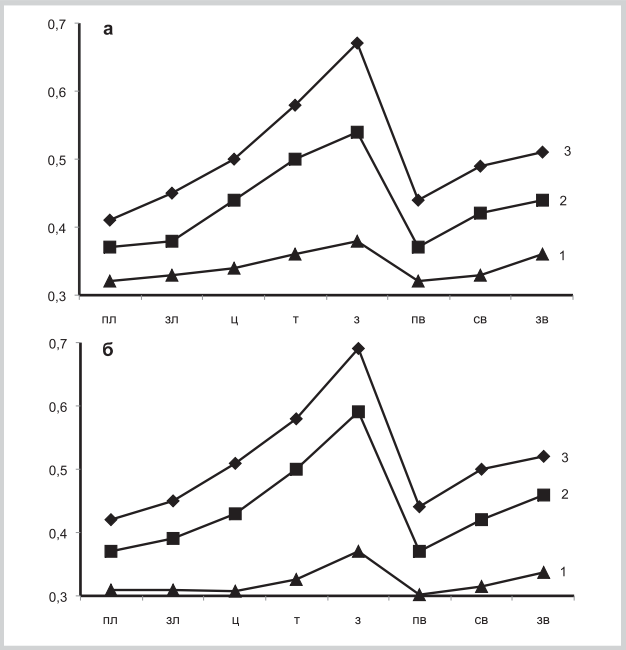

Рис. 2. **Фрактальные индексы среднечастотных флюктуаций мощности α-ритма.**

расстройствами в сравнении с больными с невротическими расстройствами имеются более высокие значения фрактальных индексов среднечастотных флюктуаций α-ритма, достигающие достоверности в центральном, теменном, средне- и задневисочных отведениях обоих полушарий.

Обнаруженные в нашем исследовании у больных особенности фрактальной структуры обоих частотных диапазонов флюктуаций мощности α-ритма свидетельствуют о рассогласовании церебральных механизмов управления α-активностью. Причем обращает на себя внимание разнонаправленное поведение низко- и среднечастотных флюктуаций мощности α-ритма. По предположению некоторых исследователей [6], низкочастотные флюктуации мощности α-ритма определяются взаимодействием коры с множеством различных церебральных структур, а среднечастотные — большим влиянием на кору структур с ритмической активностью, в частности таламуса.

Имевшееся у больных с невротическими и неврозоподобными расстройствами снижение фрактальных индексов низкочастотных флюктуаций мощности α-ритма свидетельствует об уменьшении устойчивости, увеличении непредсказуемости, возрастании хаотичности и сложности ЭЭГ в α-диапазоне. Причем у больных с невротическими расстройствами обнаруженные изменения в большей степени касаются левого полушария, которое теснее, чем правое, связано с активирующими системами ствола мозга [3], а у больных с неврозоподобными расстройствами изменения носят диффузный характер, что связано с деятельностью неспецифических структур промежуточного мозга и ретикулярной формации ствола мозга.

Повышение фрактальных индексов среднечастотных флюктуаций мощности α-ритма свидетельствует о повышении устойчивости, снижении непредсказуемости, хаотичности и сложности физиологических систем, ответственных за веретенообразный характер α-ритма, в частности таламуса.

Полученные данные свидетельствуют, что для пациентов с невротическими и неврозоподобными расстройствами характерны одинаковые по направленности изменения фрактальной структуры: снижение фрактальных индексов низкочастотных и повышение фрактальных индексов среднечастотных флюктуаций мощности α-ритма. При этом у больных с неврозоподобными расстройствами наблюдаются более выраженные (количественные) изменения фрактальной структуры, носящие более диффузный характер. Это может указывать на наличие более глубоких патологических изменений при неврозоподобных расстройствах.

Таким образом, диагностический метод, основанный на фрактальном анализе флюктуаций мощности α-ритма, позволяет выявлять различия в фоновой электрической активности коры головного мозга больных с невротическими и неврозоподобными расстройствами. Это может способствовать более адекватному выбору терапии, а также открывает перспективы для углубления наших представлений о нейрофизиологических механизмах невротических и неврозоподобных расстройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Анищенко С.В.* Знакомство с нелинейной динамикой. Ижевск: Институт компьютерных исследований 2002; 144.
2. *Баблоянц А.* Молекулы, динамика и жизнь. Введение в самоорганизацию материи. М: Мир 1990; 375.
3. *Болдырева Г.Н., Шарова Е.В., Добронравова И.С.* Роль регуляторных структур мозга в формировании ЭЭГ человека. Физиол человека 2000; 26: 5: 19—34.
4. *Бутома Б.Г., Петров А.М., Столяров И.Д. и др.* Иммунопатология, фрактальность, когнитивный стиль — интегративное исследование шизотипического расстройства и прогредиентных форм шизофрении. Нейроиммунология 2009; 7: 3—4: 26—32.
5. *Гольдбергер Э.Л., Ригни Д.Р., Уэст Б.Д.* Хаос и фракталы в физиологии человека. В мире науки 1990; 4: 24—32.
6. *Корсакова Е.А.* Характеристика электроэнцефалограммы человека на разных стадиях эпилептогенеза: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ст-Петербург 2004; 17.
7. *Слезин В.Б., Коцюбинский А.П., Бутома Б.Г. и др.* Междисциплинарный подход к исследованию шизотипического расстройства и прогредиентных форм шизофрении. Обозрение психиатрии и медицинской психологии им. В.М. Бехтерева 2007; 2: 18—21.
8. *Урицкий В.М., Музалевская Н.И.* Фрактальные структуры и процессы в биологии (обзор). Биомедицинская информатика. Ст-Петербург: Изд-во СПИИРАН 1995; 84—129.
9. *Урицкий В.М. и др.* Фрактальная диагностика нарушений динамики альфа-ритма у больных эпилепсией. Биофизика 1999; 44: 6: 1109—1114.
10. *Ухтомский А.А.* Параметр физиологической лабильности и нелинейная теория колебаний. Собр. соч. В 6 томах. Т. 1. Л: Изд-во ЛГУ 1951; 166.
11. *Шульц Е.В., Слезин В.Б., Дубинина Л.А., Крупицкий Е.М.* Фрактальная динамика электроэнцефалограммы у больных алкоголизмом в условиях эксперимента индукции влечения к алкоголю. Наркология 2008; 11: 57—61.
12. *Anderson C.M., Mendell A.J.* Fractal time and foundations of consciousness. The secret symmetry: fractals in brain, mind and consciousness. Ed. by E. McCornac, M. Stamenov. Amsterdam: John Benjamins 1994; 230.
13. *Babloyantz A.* Chaotic dimensions in brain activity. Springer Series in Brain Dynamics I. Berlin: Springer-Verlag 1988; 196—202.
14. *Slezin V.B., Korsakova E.A., Dytjatkovsky M.A.* Multifractal analysis as an aid in the diagnostics of mental disorders. Nord J Psychiat 2007; 61: 5: 1—4.