

Метод вейвлет-преобразования в неврологии: анализ частотно-временных характеристик типичных и атипичных разрядов неконвульсивной эпилепсии

А.В. Габова, Г.Д. Кузнецова, В.В. Гнездицкий, А.С. Базян, Ю.В. Обухов

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва;

Научный центр неврологии РАМН, Москва;

Институт радиотехники и электроники РАН, Москва

Исследовали частотно-временную динамику и пространственные особенности разрядов разного типа у пациентов с неконвульсивной эпилепсией (n=23). Для анализа использовали модифицированное вейвлет-преобразование. У пациентов (n=11) с диагнозом детской абсансной эпилепсии, юношеской абсансной или юношеской миоклонической эпилепсии частотно-временная структура разрядов пик-волна была идентичной. Типичный разряд пик-волна возникал в лобной области коры с короткого периода максимальной частоты (5–6 Гц). Дальнейшая частота была 3–3,5 Гц и колебалась с периодом около 1 с. У другой группы пациентов (n=12) с диагнозом неконвульсивной эпилепсии в ЭЭГ наблюдались разряды нескольких типов, различающиеся по длительности, частотно-временной динамике и локализации в коре активности с максимальной амплитудой. Атипичные разряды отличались от типичных менее упорядоченной частотно-временной структурой и отсутствием в лобной коре периода увеличенной частоты в начале разряда. У ряда пациентов в ЭЭГ могли одновременно присутствовать типичные и атипичные разряды или две разные формы атипичных разрядов. Полученные данные показывают, что анализ частотно-временной структуры разрядов с помощью модифицированного преобразования вейвлет может использоваться для классификации разрядов разного типа и быть полезным при дифференциальной диагностике неконвульсивной эпилепсии.

Ключевые слова: неконвульсивная эпилепсия, типичные и атипичные разряды, частотно-временной анализ, вейвлет-преобразование.

Важной характеристикой неконвульсивной эпилепсии являются разряды пик-волна – высокоамплитудная, широко генерализованная по коре ритмическая электрическая активность. Классификация пик-волновой активности основывается главным образом на визуальных оценках специалистов и, отчасти, на результатах стандартного спектрального анализа ЭЭГ. Различают типичные разряды с частотой пик-волновых комплексов 3 Гц и атипичные разряды, имеющие частоту больше или меньше 3 Гц, отличающиеся менее выраженной синхронностью и симметричностью, чем типичные разряды [3]. Анализ частотно-временной структуры разрядов может дать важную информацию о механизмах неконвульсивной эпилепсии. Однако таких работ в литературе очень немного. Для типичных разрядов пик-волна отмечали снижение частоты к концу разряда, но более подробно типичные разряды не анализировались, а о частотно-временной структуре атипичных разрядов ничего не известно.

Одним из новых направлений в анализе электрической активности мозга является использование *вейвлет-преобразования*, которое достаточно давно известно и применяется во многих областях науки [4, 13, 17]. Вейвлет-

преобразование, в отличие от преобразования Фурье, дает информацию одновременно о частотной и временной структуре сигнала, что позволяет исследовать частотно-временную динамику процессов. Начиная с середины 1990-х гг., метод вейвлет начал применяться для анализа ЭЭГ у пациентов, в том числе и при возникновении эпилептической активности мозга [5, 7, 16, 19, 21, 22]. В основном исследовали разряды конвульсивной эпилепсии. Для анализа разрядов неконвульсивной эпилепсии метод вейвлет использовали лишь в единичных случаях [6, 12]. В работе [6] с помощью дискретного вейвлета устраняли артефакты и выделяли отдельные частотные составляющих разряда.

Для анализа разрядов пик-волна у животных с генетической абсансной эпилепсией было использовано непрерывное вейвлет-преобразование [1]. Метод был специально модифицирован [8, 9] для анализа частотно-временной структуры разрядов пик-волна у пациентов с абсансной эпилепсией [2, 10]. Первые результаты показали адекватность использования вейвлет преобразования для ЭЭГ, полученных в клинике. Была поставлена задача более подробно исследовать структуру разрядов при неконвульсивной эпилепсии, взяв группу пациентов с разрядами разного типа.

Характеристика больных и методов исследования

ЭЭГ 23 пациентов с неконвульсивной эпилепсией были записаны в лаборатории клинической нейрофизиологии Научного центра неврологии РАМН. Среди них были 10 мужчин и 13 женщин, возраст обследованных составил от 4 до 36 лет. У всех пациентов в ЭЭГ имелись спонтанные высокоамплитудные разряды. Для регистрации был использован Нейрокартограф фирмы МБН (Москва). Постоянная времени записи была 0,3 с, фильтр высокой частоты – 70 Гц. Регистрирующие электроды располагались на голове пациента по схеме «10x20». Использовали референтные ушные электроды. Анализировали спонтанные разряды пик-волна фоновой ЭЭГ. Длительность записи – 15–20 мин.

Для анализа разрядов использовали преобразование вейвлет Морле и модифицированное вейвлет-преобразование. Трехмерные графики обычного преобразования вейвлет Морле хорошо отражали изменения амплитуды в течение разряда. Модифицированное вейвлет-преобразование давало картину частотно-временной динамики разряда. Было построено более 1000 вейвлет-преобразований для различных областей коры. Подробное описание использованного метода анализа дано в работе [8]. Здесь мы приводим его более коротко.

Непрерывное вейвлет-преобразование W функции f задается формулой:

$$Wf(a,b) = \int f(x)\psi\left(\frac{x-b}{a}\right)dx \quad (1)$$

где a, b – коэффициенты сжатия и сдвига, соответственно, ψ удовлетворяет условиям

$$\int \psi(x)dx = 0 \quad \psi(x) \rightarrow 0, x \rightarrow \pm\infty$$

Функция ψ называется материнской функцией вейвлет-преобразования. Используемый нами при анализе в качестве материнской функции вейвлет Морле определяется следующим соотношением:

$$\psi(x) = e^{-x^2/2} \cos(5x) \quad (2)$$

На рис. 1А слева приведена материнская функция вейвлет-преобразования Морле. В центре представлен типичный разряд пик-волна абсансной эпилепсии, а справа – преобразование вейвлет Морле этого разряда. Трехмерный график преобразования вейвлет Морле представляет собой структуру, напоминающую «горный хребет». Он дает представление об изменении амплитуды в течение разряда, однако точная количественная оценка изменений частоты с помощью обычного преобразования вейвлет Морле является сложной. Для исследования частотно-временной динамики разряда преобразование вейвлет Морле было модифицировано следующим образом:

$$\psi(x) = xe^{-x^2/2} \cos(5x) \quad (3)$$

Преобразование сигнала по такому модифицированному базису будет иметь нули в точках, в которых трехмерный «хребет», полученный с помощью обычного преобразо-

вания Морле, имеет максимум. Таким образом строили проекцию хребта вейвлета Морле на плоскость частота–время и получали график изменения основной частоты разряда во времени [9]. На рис. 1Б приведена материнская функция модифицированного вейвлет-преобразования и анализ калибровочного сигнала 3 Гц – 5 Гц – 3 Гц. Двумерный график, приведенный справа, хорошо

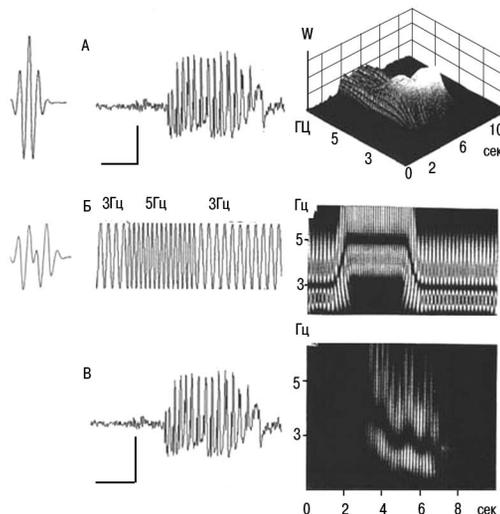


рис. 1: Частотно-временной анализ разряда пик-волна:
 А – преобразование вейвлет Морле. Слева направо: материнская функция вейвлет Морле; запись разряда пик-волна; трехмерный график преобразования вейвлет Морле данного разряда. По осям на трехмерном графике – время (с), частота (Гц), коэффициент вейвлета (W);
 Б – анализ калибровочного сигнала 3 Гц – 5 Гц – 3 Гц с помощью модифицированного вейвлета. Слева направо: материнская функция вейвлета; калибровочный сигнал; двумерный график калибровочного сигнала;
 В – частотно-временной анализ разряда пик-волна (запись разряда и двумерный график модифицированного вейвлета). Абсцисса – время (с), ордината – частота (Гц).

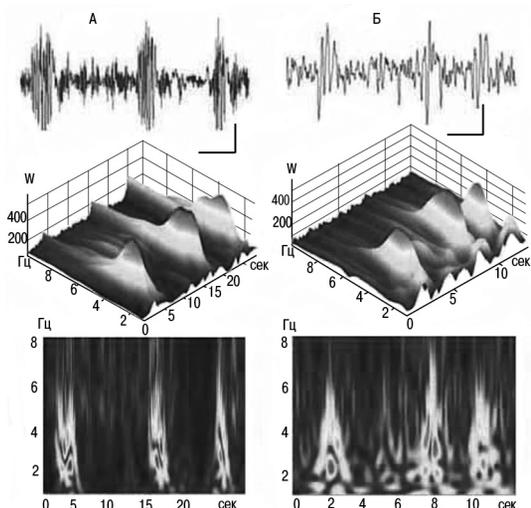


рис. 2: Частотно-временной анализ коротких разрядов неконвульсивной эпилепсии:
 А – короткие типичные разряды (пациент ЛВ, 26 лет); Б – короткие атипичные разряды (пациентка МА, 15 лет).
 Вверху на каждом рисунке разряд, записанный в отведении F3 (калибровка 100 мкВ, 5 с для рис.2 А и 2 с для рис 2 Б; внизу – трехмерный график преобразования вейвлет Морле и двумерный график модифицированного вейвлет-преобразования данного разряда. На графиках по осям то же, что на рис. 1А и 1В.

отражает изменения частоты. На рис. 1В приведена запись разряда пик-волна и его модифицированное вейвлет-преобразование. Изменения основной частоты во время разряда хорошо видны на двумерном графике.

Результаты

У 11 пациентов (возраст от 4 до 19 лет) был поставлен диагноз детской абсансной, юношеской абсансной или юношеской миоклонической эпилепсии. В ЭЭГ у этих пациентов были зарегистрированы типичные разряды пик-волна. При визуальной оценке средняя частота разрядов составляла 3–3,5 Гц; наиболее часто встречались разряды длительностью 5–6 с. Анализ с помощью модифицированного вейвлет-преобразования показал, что у всех 11 пациентов частотно-временная структура разрядов была одинаковой. На рис. 2А и 3А слева приведены результаты анализа типичных разрядов пик-волна (коротких и более длинного). И в том, и в другом случаях разряд начинался с периода повышенной частоты (5–6 Гц) в лобной области. В случае коротких разрядов снижение частоты происходило быстро и часто было немонокотным (пациентка ЛВ, 26 лет). Частота длинных разрядов быстро снижалась до 3–3,5 Гц, а в течение остального разряда она снижалась очень медленно, и наблюдались небольшие изменения частоты с периодом порядка 1 с (пациент ДВ, 11 лет).

У 12 пациентов (возраст от 13 до 36 лет) был поставлен диагноз неконвульсивной эпилепсии (в том числе идиопатическая, симптоматическая, криптогенная эпилепсия, эпилепсия с отключением сознания), в ЭЭГ у них были обнаружены спонтанные генерализованные атипичные разряды. По частотно-временной структуре разрядов данная группа пациентов была неоднородной. У 7 пациентов наблюдались короткие разряды (2–2,5 с) частотой от 3 до 5 Гц. Таким образом, по частоте разряды были близки к типичным, но в течение разряда частота изменялась хаотично. Начальный короткий период повышенной частоты в лобных областях коры в большинстве случаев отсутствовал, максимум частоты мог приходиться на середину или на конец разряда. На рис. 2Б приведены примеры вейвлет-преобразования

нескольких коротких атипичных разрядов, записанных у пациентки МА, 15 лет, во фронтальной области коры. У двух пациентов (АС, 26 лет, и БА, 35 лет) с большим количеством коротких атипичных разрядов были найдены также несколько более длинных разрядов, отличающихся непостоянством амплитуды, фрагментарностью. Результаты анализа одного такого длинного разряда приведены на рис. 3Б. Длинные разряды (до 10–12 с) частотой 3–5 Гц, отличающиеся по структуре от типичных разрядов, были обнаружены в ЭЭГ еще у двух пациентов (МЕ, 13 лет, и БА, 35 лет).

Было обнаружено, что у пациентов с короткими и длинными разрядами имеется несколько типов распределения разрядов по коре. У двух пациентов (БА, 35 лет, и ГМ, 35 лет) максимальная амплитуда разряда наблюдалась в лобных областях коры. У трех пациентов (пациенты АС, 24 лет, МЖ, 26 лет, и ПЕ, 19 лет) максимум амплитуды был сдвинут к центральным областям коры. Еще у двух пациентов (ЕЕ, 19 лет, и МА, 15 лет) в центральной и теменной коре амплитуда разрядов была более низкой, а более высокая амплитуда наблюдалась в затылочной и в лобной коре.

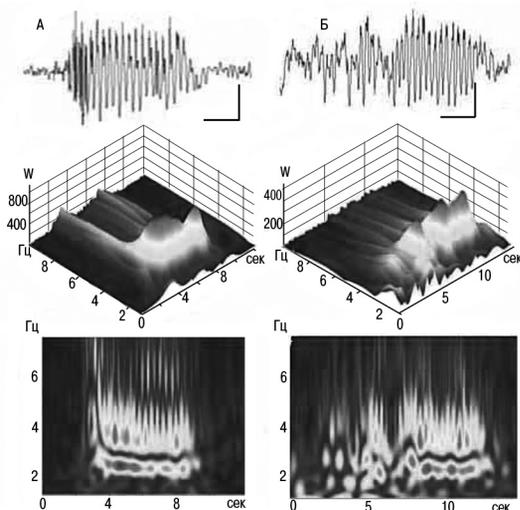


рис. 3: Частотно-временной анализ двух разрядов неконвульсивной эпилепсии: А – типичный разряд пик-волна длительностью 8 с (пациент ДВ, 11 лет), калибровка 2 с, 200 мкВ; Б – атипичный разряд длительностью 9 с (пациент АС, 26 лет). Калибровка 2 с, 100 мкВ. По осям то же, что на рис. 2.

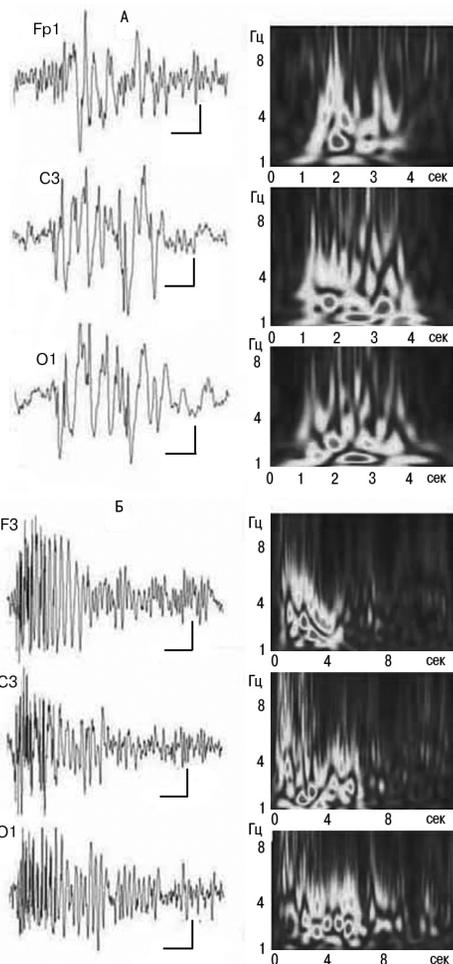


рис. 4: Частотно-временная структура разрядов в различных областях коры: А – пациентка ПЕ, 13 лет; Б – пациент МЕ, 13 лет.

На каждом рисунке слева – запись разряда, справа – модифицированное вейвлет-преобразование разряда. Сверху вниз: лобная, центральная, затылочная области коры. Калибровка на рис. 4А – 1 с, 100 мкВ; на рис. 4Б – 2 с, 100 мкВ. По осям то же, что на рис. 2.

На рис. 4 приведены два примера, которые дают представление о несовпадении частотно-временной динамики и амплитуды атипичных разрядов, зарегистрированных одновременно от различных областей коры. На рис. 4А представлен атипичный разряд, записанный от лобной, центральной и затылочной областей (пациентка ПЕ, 13 лет). Разряд широко генерализован, начинается практически одновременно во всех областях коры, но дальше активность разных областей изменяется неодинаково и весьма хаотично. Максимум амплитуды приходится на центральную и затылочную области. На рис. 4Б (пациент МЕ, 13 лет) разряд начинается одновременно во всех областях коры с короткой вспышки активности. В дальнейшем в каждой из областей коры частота изменяется достаточно независимо: в лобной области структура разряда близка к типичной, а в центральной и затылочной области частота изменяется хаотически.

Среди обследованных встретились три пациента, у которых разряды значительно отличались по частоте от описанных выше атипичных разрядов. Так, у двух пациентов в ЭЭГ имелись спонтанные разряды частотой 1,5–2,5 Гц. Длительность разрядов была от 3,5 до 5 с. На рис. 5А приведены результаты анализа разряда, записанного у пациентки БЕ (22 года) в лобной области коры. Начальная частота была 4 Гц, затем она снижалась до 1,5 Гц. В затылочной области наблюдалось менее упорядоченное снижение частоты. Еще у одного пациента (КН, 26 лет) наблюдали атипичные разряды высокой частоты (рис. 5А). Длительность их была около 3 с, частота 15 Гц, максимум амплитуды наблюдался в лобных и центральных областях коры.

Специально следует отметить, что в ЭЭГ у ряда пациентов могли одновременно присутствовать разряды, различающиеся по своей частотно-временной структуре. Так, у большинства пациентов с короткими атипичными разрядами в течение записи наблюдалось непостоянство частотно-временной структуры разрядов. Наиболее интересными были случаи одновременного присутствия в ЭЭГ типичных и атипичных разрядов или двух видов

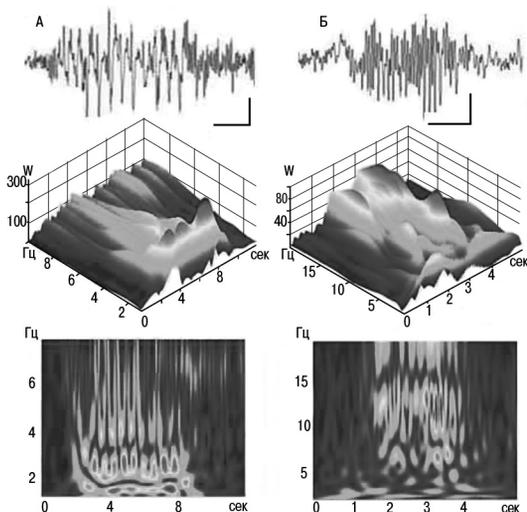


рис. 5: Частотно-временной анализ двух атипичных разрядов разной частоты: А – низкочастотный атипичный разряд (пациент БЕ, 22 года); Б – атипичный высокочастотный разряд (пациент КН, 26 лет).

Калибровка 2 с и 100 мкВ (для 5А) и 50 мкВ (для 5Б). По осям то же, что на рис. 2.

атипичных разрядов. У трех наших пациентов с типичными разрядами (АГ, 4 лет, ДВ, 11 лет, и НМ, 19 лет) были отмечены также окципитальные разряды, отличающиеся по частоте и по степени генерализации от типичных разрядов. Этот факт был уже отмечен в нашей предыдущей работе [2]. У пациентов с большим количеством коротких атипичных разрядов иногда наблюдались разряды, близкие к типичным. А в одном случае (пациентка ГМ, 35 лет), помимо характерных атипичных разрядов частотой 3–5 Гц, были зарегистрированы также несколько разрядов высокой (15 Гц) частоты.

Обсуждение

Важным результатом работы являются данные о том, что частотно-временная динамика абсансных разрядов идентична у пациентов с несколькими формами неконвульсивной эпилепсии (типичная детская, юношеская, юношеская миоклоническая эпилепсия). Характерным признаком типичных разрядов абсансной эпилепсии является возникновение в лобной области коры в самом начале разряда короткой вспышки активности с более высокой частотой, чем остальной разряд. Только после этого другие участки коры вовлекаются в ритмическую активность [9, 10]. Эти данные хорошо согласуются с современным представлением о ведущей роли лобных отделов коры в формировании разрядов абсансной эпилепсии.

На основании анализа данных, полученных на генетической модели абсансной эпилепсии, было высказано предположение о том, что разряд пик-волна не является первично генерализованной эпилептической активностью [18, 24]. Было показано, что разряд запускается из передних областей коры и только затем возникает генерализованная таламо-кортикальная активность. Основная частота типичных разрядов пик-волна у животных выше, чем у человека, однако хорошее соответствие частотно-временной структуры разрядов пик-волна свидетельствуют о сходстве механизмов эпилептической активности в этих двух случаях.

Анализ атипичных разрядов неконвульсивной эпилепсии выявил, прежде всего, разнообразие их частотно-временной и пространственной структуры. В большинстве случаев не наблюдалось четкого опережения разряда во фронтальной коре. Максимальная частота разряда могла приходиться как на середину, так и на его конец. Разряды различались по расположению области с наиболее выраженной амплитудой. Анализ показал, что обследованная группа пациентов была неоднородной. Актуальной задачей является подробное исследование структуры атипичных разрядов у большой группы пациентов для надежной классификации таких разрядов.

Особый интерес для клиницистов могут представлять случаи одновременного присутствия в ЭЭГ типичных и атипичных разрядов или двух видов атипичных разрядов, что может свидетельствовать о наличии у этих пациентов двух видов эпилепсии. Так, в литературе были описаны случаи сочетания типичной абсансной эпилепсии и окципитальной или роландической эпилепсии [11, 14, 15]. Среди обследованных нами пациентов, имевших диагноз детская или юношеская абсансная эпилепсия, мы встретили три случая одновременного присутствия в ЭЭГ типичных абсансных разрядов и разрядов окципи-

тальной эпилепсии [2]. Два типа неконвульсивных разрядов (типичный абсансный и окципитальный) были обнаружены также в экспериментах у животных с генетической абсансной эпилепсией [20, 23]. Полученные в экспериментах данные показали, что эти два типа разрядов реагируют противоположным образом на некоторые фармакологические препараты. Такая ситуация является наиболее трудной при фармакотерапии. В литературе описаны случаи противоположного влияния одного и того же препарата на разряды конвульсивной и неконвульсивной эпилепсии. Возможность таких же трудностей следует иметь в виду при обнаружении в ЭЭГ пациентов неконвульсивных разрядов разного типа.

Таким образом, в данной работе было показано, что использование модифицированного вейвлет-преобразования для анализа разрядов абсансной эпилепсии позволяет уверенно разделять разряды по их частотно-временной структуре. Несколько видов абсансной эпилепсии (типичная детская, юношеская, юношеская мио-

клоническая) имеют разряды, одинаковые по структуре. С другой стороны, было обнаружено многообразие частотно-временной структуры атипичных разрядов. В настоящее время мы можем говорить только, что эта группа пациентов по электрофизиологическим показателям является неоднородной, а термин «атипичный разряд» является собирательным и достаточно неопределенным. Мы полагаем, что в перспективе использование модифицированного вейвлет-преобразования может дать надежную информацию для объективного разделения атипичных разрядов на группы. Полученная таким образом классификация атипичных разрядов может быть дополнительной характеристикой при диагностике различных типов неконвульсивной эпилепсии и при выборе адекватной фармакотерапии.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 08-01-00887-а, 08-02-01312-а) и РГНФ (грант № 08-06-00061а).

Список литературы

1. *Габова А.В., Боснякова Д.Ю., Босняков М.С. и др.* Частотно-временная структура разрядов пик-волна генетической абсансной эпилепсии. Докл. Акад. Наук 2004; 396: 557–560.
2. *Габова А.В., Гнездицкий В.В., Боснякова Д.Ю. и др.* Частотно-временная динамика разрядов пик-волна у пациентов с абсансной эпилепсией. Технологии живых систем 2008; 5: 72–81.
3. *Карлов В.А., Гнездицкий В.В.* Абсансная эпилепсия у детей и взрослых. М.: Пресервис, 2005.
4. *Короновский А.А., Храмов А.Е.* Непрерывный вейвлет анализ. Саратов: ГосУНЦ Колледж, 2003.
5. *Acar T., Aykut-Bingol C., Bingol H. et al.* Multiway analysis of epilepsy tensor. Bioinformatics 2007; 23: 110–118.
6. *Adeli H., Zhou Z., Damtir N.* Analysis of EEG records in epileptic patient using wavelet transform. J. Neurosci. Methods 2003; 123: 69–87.
7. *Battiston J.J., Durecy T.M., Siegel M.M. et al.* Statistical mapping of scalp recorded ictal EEG records using EEG analysis. Epilepsia 2003; 44: 664–672.
8. *Bosnyakova D., Obukhov Yu.* Extraction of dominant feature in biomedical signals. Pattern Recogn. Image Anal. 2005; 15: 513–515.
9. *Bosnyakova D., Gabova A., Kuznetsova G. et al.* Time-frequency analysis of spike-wave discharges using modified wavelet transform. J. Neurosci. Methods 2006; 154: 80–88.
10. *Bosnyakova D., Gabova A., Zharikova A. et al.* Some peculiarities of time-frequency dynamics of spike-wave discharges in human and rats. Clin. Neurophysiol. 2007; 118: 1736–1743.
11. *Caraballo RH, Fontana E, Darra F.* Childhood absence epilepsy and electroencephalographic focal abnormalities with or without clinical manifestations. Seizure 2008; 17: 617–624.
12. *Chen H., Nui H.* Detection the character wave in epileptic EEG by wavelet. J. Electronic Sci. Technol. 2004; 269–271.
13. *Daubeshies I.* Ten lectures on wavelet. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics, 1992.
14. *Echene B., Rivier F., Roubertie A. et al.* Simultaneous occurrence benign partial epilepsy and childhood absence epilepsy: report of 2 cases in 2 families. Epilepsia 1997; 38: S120.
15. *Gelisse P., Genton P., Bureau M. et al.* Are there generalized spike waves and typical absences in benign epilepsy? Brain Develop. 1999; 21: 390–396.
16. *Kahn Y.U., Gotman Y.* Wavelet based automatic seizure detection in intracerebral electroencephalogram. Clin. Neurophysiol. 2003; 114: 898–908.
17. *Mallat S.G.* Wavelet tour for signal processing. San Diego: Academic Press, 1999.
18. *Meern H., Pijn J., van Luijtelaaar G. et al.* Cortical focus drives widespread cortico-thalamic networks during spontaneous absence seizure in rats. J. Neurosci. 2002; 22: 1480–1495.
19. *Mizuno-Matsumoto Y., Ukai S., Ishii R. et al.* Wavelet crosscorrelation analysis: non-stationarity analysis of neurophysiological signals. Brain Topogr. 2005; 17: 237–252.
20. *Midzyanovskaya I., Kuznetsova G., Coenen A. et al.* Electrophysiological and pharmacological characteristics of two types of spike-wave discharges in WAG/Rij rats. Brain Res. 2001; 90: 62–70.
21. *Ouyang G., Li X., Li Y., Guan X.* Application of wavelet based similarity analysis to epileptic seizures prediction. Comput. Biol. Med. 2007; 37: 430–437.
22. *Senhadji L., Wendling A.* Epileptic transients detection: wavelet and time-frequency approaches. Neurophysiol. Clin. 2002; 32: 175–192.
23. *Van Luijtelaaar E.L.J.M., Coenen A.M.L.* Two types of electrocortical paroxysms in an inbred strain of rats. Neurosci. Lett. 1986; 70: 393–397.
24. *Van Luijtelaaar G., Sitnikova E.* From generalized to focal absence epilepsy. Epilepsia 2004; 10: 112–128.

Method of wavelet transform in neurology: analysis of time and frequency characteristics of typical and atypical discharges of nonconvulsive epilepsy

A.V. Gabova, G.D. Kusnetsova, V.V. Gnezditskii, A.S. Bazyan, Yu.V. Obukhov

Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow,

Research Center of Neurology, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow,

Institute of Radioengineering and Electronics, Russian Academy of Sciences, Moscow

Key words: nonconvulsive epilepsy, typical and atypical discharges, time-frequency analysis, wavelet transform.

Time-frequency dynamics and spatial characteristics of discharges of different types in patients with nonconvulsive epilepsy (n=23) were investigated. Modified wavelet transform was used for the analysis. In patients (n=11) with the diagnosis of childhood absence epilepsy, juvenile absence epilepsy or juvenile myoclonic epilepsy, the time-frequency dynamics of spike-wave discharges were identical. Typical spike-wave discharge arose in the frontal cortex with the short period of maximal frequency (5–6 Hz). The further frequency was 3–3.5 Hz with periodical (about 1 s) fluctuations. In another group of patients (n=12) with the diagnosis of nonconvulsive epilepsy the discharges of

several types were observed, and they differed in duration, time-frequency dynamics and activity localization with maximal amplitude in the cortex. Atypical discharges were different from typical ones: they had less ordered time-frequency structure and lacked the high frequency period in the frontal cortex. In some patients typical and atypical discharges, or two different forms of atypical discharges could be seen on the same EEG record. The obtained data show that the discharges' time-frequency analysis with the help of the modified wavelet transform can be used for the classification of discharges of different types and are of value for differential diagnosis of nonconvulsive epilepsy.

Контактный адрес: Габова Александра Васильевна, ст. науч. сотр. лаборатории общей физиологии временных связей ИВНДиН РАН. 117485 Москва, ул. Бултерова, д. 5а; e-mail: agabova@yandex.ru

Г.Д. Кузнецова – гл. науч. сотр. лаборатории общей физиологии временных связей ИВНДиН РАН;
В.В. Гнездицкий – зав. лабораторией клинической нейрофизиологии НЦН РАМН;
А.С. Базян – зав. лабораторией нейрохимических механизмов обучения и памяти ИВНДиН РАН;
Ю.В. Обухов – зав. лабораторией № 144 ИРЭ РАН.