

## ОСОБЕННОСТИ НЕЗАВИСИМЫХ КОМПОНЕНТ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ ПАЦИЕНТОВ С СДВГ В РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУППАХ

© М.В. Пронина<sup>1</sup>, В.А. Пономарев<sup>1</sup>, А. Мюллер<sup>2</sup>, Ю.Д. Кропотов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН Институт мозга человека им. Н.П. Бехтерева РАН, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Детский центр, Кур, Швейцария

**Резюме.** В работе исследовались особенности независимых компонент потенциалов, связанных с событиями, у подростков (11–17 лет) и взрослых (18–30 лет), страдающих синдромом дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ), по сравнению с нормативной базой данных. В обеих возрастных группах было обнаружено достоверное снижение амплитуды двух независимых компонент, генерируемых (по данным sLORETA) в левой задневисочной и премоторной областях коры и, предположительно, связанных с обработкой зрительных стимулов и подавлением действия. В подростковой группе, кроме того, был нарушен компонент, генерируемый, по-видимому, в островковой коре, во взрослой группе — еще один компонент, источник которого локализуется в премоторной коре.

**Ключевые слова:** когнитивные вызванные потенциалы; СДВГ; подростки; метод независимых компонент; Go/NoGo тест.

### ВВЕДЕНИЕ

Синдром дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ) — это психическое заболевание, характеризующееся невнимательностью или снижением внимания, импульсивным и гиперактивным поведением (МКБ-10). По данным Спенсер с соавторами [28], СДВГ страдают 5–10% населения. У 35–80% детей с СДВГ симптомы наблюдаются и после взросления [6, 14, 28]. С возрастом профиль нарушений несколько меняется: если в подростковом возрасте более выражена гиперактивность, то у взрослых пациентов на первый план выходят проблемы, связанные с ослаблением контроля выполнения действий [6].

С нейрофизиологической точки зрения при СДВГ наблюдается дисфункция одной из важнейших мозговых систем — системы управления. Предполагается, что эта система отвечает за планирование, инициацию, поддержание и координацию действий, наиболее адекватных в текущих условиях [2, 13, 21]. При СДВГ нарушаются процессы поддержания внимания, устойчивого, селективного и распределенного [11, 29], что приводит к невнимательности, в то время как нарушение процесса подавления подготовленного действия обычно выражается в импульсивности [4].

Для оценки работы системы управления используются тесты Go/NoGo парадигмы. В данной работе особое значение уделялось процессам подготовки к действию, поэтому использовался двустимульный тест. В вызванных потенциалах (ВП), зарегистрированных во время выполнения данной модификации теста, можно выделить более ранние и более поздние компоненты, имеющие различный функциональный смысл. Более ранние компоненты, как предполагается, связаны с про-

цессами обработки сенсорной (зрительной и слуховой) информации и реакцией на новый стимул. Более поздние компоненты отражают процессы вовлечения в действие, торможения подготовленного действия и мониторинга конфликта, таким образом, отражая функции системы управления действиями [1].

Вызванные потенциалы детей с СДВГ исследовались во многих работах [7]. Отличия от нормы были обнаружены для ранних и поздних компонент ВП зрительной и слуховой модальностей в разных заданиях [10, 19, 27]. Достоверные изменения вызванных потенциалов в Go/NoGo тесте были обнаружены и в исследованиях на взрослых пациентах [12, 26]. У них наблюдалось повышение амплитуды негативных компонентов N1 и N2 и снижение амплитуды поздних волн P300.

Большинство волн ВП, используемых в физиологических исследованиях, представляют собой изменение потенциала мозга, вызванное активностью нескольких источников, связанных с различными психическими процессами. Таким образом, когнитивный вызванный потенциал, зарегистрированный в каждый момент времени с конкретного электрода, представляет собой суммарную активность нескольких разных источников. Каждый из этих источников имеет свою локализацию, определяющую топографию потенциала на поверхности головы, и свой период активности. Более того, теоретически, изменением экспериментальных условий (вероятность предъявления стимулов, длина межстимульных интервалов, модальность стимулов и ответных реакций) можно по-разному влиять на работу различных источников [3, 20].

Предположение о том, что источники потенциалов активируются независимо друг от друга, позволило

применить к ЭЭГ-данным математический метод разделения сложного сигнала, называемый методом независимых компонент [9]. Метод позволяет разложить многоканальные вызванные потенциалы на такие компоненты, которые имеют минимальную взаимную информацию, то есть, зная один компонент, невозможно ничего сказать о других компонентах. Таким образом, можно выделить независимые компоненты, отражающие активность разных источников, и, предположительно, связанные с различными психофизиологическими процессами.

Как показали исследования, проведенные на большой группе здоровых испытуемых в Go/NoGo тесте, процессы обработки сенсорной информации, формирования модели поведения при выполнении задания, подготовки к выполнению действия, выполнения действия, оценки правильности его выполнения и приостановки программы ранее подготовленного действия являются активными и отражаются в компонентах вызванных потенциалов головного мозга [20].

Целью данной работы было оценить нарушение процессов обработки зрительных стимулов и работы системы управления у пациентов с СДВГ в разных возрастных группах с помощью метода независимых компонент вызванных потенциалов в Go/NoGo тесте.

## МЕТОДИКА

В исследовании анализировались записи 180 пациентов с диагнозом синдром нарушения внимания с гиперактивностью, 132 испытуемых подросткового возраста (от 11 до 17 лет), 48 взрослых (в возрасте от 18 до 30 лет). Исследование проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией, и все пациенты давали информированное согласие на участие.

В работе использовались записи вызванных потенциалов из нормативной базы данных HBI DataBase (240 здоровых испытуемых, в возрасте от 11 до 30 лет). Критериями отбора испытуемых для базы данных являлись отсутствие психических заболеваний, наркотической зависимости, алкоголизма или серьезных проблем со здоровьем в анамнезе.

## СТРУКТУРА ТЕСТА

В работе использовалась активная конструкция зрительного двустимульного теста Go/NoGo на селективное внимание. Зрительные стимулы предъявлялись на мониторе компьютера, слуховые — через динамики.

Тест состоял из 400 проб в парадигме Go/NoGo. В качестве стимулов использовались изображения животных, растений, человека. Пробами являлись пары зрительных стимулов: животное-животное

(проба Go), животное-растение (проба NoGo), растение-растение (проба Ignore), и растение-человек (проба Novel). Пробы подавались в случайном порядке с вероятностью 25 %. Novel проба сопровождалась звуковым сигналом громкостью около 70 дБ (возле головы испытуемого), представляющим собой комбинацию тонов частотой 5000 Гц, 2500 Гц, 2000 Гц, 1500 Гц и 1000 Гц в случайном порядке. Каждый тон длился 20 мс, суммарная длительность звукового сигнала составляла 100 мс. Испытуемым давалась инструкция нажимать на кнопку как можно быстрее, в случае предъявления пары животное-животное, и не нажимать на предъявление других пар стимулов. Проба Novel за счет звукового сигнала вызывала ориентировочную реакцию.

Структура пробы: длительность пробы — 3000 мс, престаимульный интервал — 300 мс, длительность обоих стимулов — 100 мс, длительность интервала между двумя стимулами в паре — 1000 мс, интервал между парами стимулов был равен 1900 мс.

Для контроля над правильностью выполнения двустимульного теста и измерения времени реакции регистрировался сигнал от кнопки.

Исследование проводилось в спокойной обстановке, при отсутствии отвлекающих стимулов. Во время исследования пациент находился в экранированной комнате, полулежа в удобном кресле, перед ним на расстоянии 1 метр располагался монитор и динамики. Перед каждым исследованием пациенту подробно объяснялись его задачи, и проводилась серия тренировочных проб.

Регистрация ЭЭГ производилась с помощью цифрового электроэнцефалографа «Мицар» (производства ООО «Мицар», С.-Петербург). Использовалась электродная шапочка «Electrosar» с 19 электродами, расположенными на поверхности головы в соответствии с международной системой 10–20 в отведениях Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1, O2 с заземляющим электродом в лобной области. Электроды заполнялись небольшим количеством электропроводящего геля «ElectroGel». В качестве референтных использовались прилегающие к шапочке электроды-клипсы, располагавшиеся на мочках ушей. Место установки электрода предварительно зачищали абразивным гелем «NuPrep». Далее электрод заполняли небольшим количеством электропроводящего геля «ElectroGel». Сопротивление электродов не превышало 5 кОм. Частота оцифровки ЭЭГ составляла 250 Гц. Параметры фильтров высокой и низкой частоты составляли соответственно 0,53 Гц (0,3 с) и 30 Гц, также использовался режекторный фильтр — 45–55 Гц.

Коррекция артефактов вертикальных и горизонтальных движений глаз осуществлялась путем обнуления независимых компонент ЭЭГ, соответствующих морганиям глаз [30]. Такая методика позволила в несколько раз увеличить количество безартефактных эпох анализа и тем самым увеличить надежность получаемых результатов.

Дополнительно производилось автоматическое удаление высокоамплитудных (более 100 мкВ) артефактов. Также удалялись медленные волны с частотой 0–1 Гц и амплитудой более 50 мкВ, быстрые волны с частотой 20–35 Гц и амплитудой более 35 мкВ.

Ошибочные пробы (пробы Go, в которых испытуемый не нажал на кнопку, и пробы NoGo с ложными нажатиями) исключались из анализа вызванных потенциалов. Их количество подсчитывалось и сравнивалось между группами испытуемых.

Расчет независимых компонент вызванных потенциалов производился в программе WinEEG с использованием алгоритма Infomax [9]. Вызванные потенциалы испытуемых из нормативной базы данных в двух возрастных группах: 11–17 лет и 18–30 лет независимо раскладывались на компоненты. Расчет независимых компонент производился для всех типов проб попарно (Ignore и Novel, Go и NoGo) на интервале от 1400 мс до 2400 мс от начала пробы (1 секунда после начала предъявления второго стимула в паре). Из полученных независимых компонент в возрастной группе 11–17 лет были выбраны 7, в группе 18–30 лет — 8 компонент с наибольшей амплитудой. Для них строились пространственные фильтры, которые затем применялись к вызванным потенциалам пациентов и здоровых испытуемых соответствующей возрастной группы. Выделенные таким образом независимые компоненты сравнивались между группами СДВГ и здоровых в интервале 700 мс после второго стимула в паре.

Статистический анализ проводился с использованием t-критерия. Интервалы определялись по усредненным данным как ширина на половине высоты полуволны.

Для определения локализации источников независимых компонент вызванных потенциалов

использовалась sLORETA [23]. Для каждого независимого компонента на основании рассчитанных коэффициентов, определяющих влияние каждого источника на электроды, строилось изображение sLORETA с учетом координатной сетки электродов и сферической трехслойной модели головного мозга, подогнанной под стандартный атлас мозга человека.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Поведенческие показатели

В возрастной группе 11–17 лет у пациентов с СДВГ по сравнению с группой здоровых было достоверно увеличено количество ошибок пропуска, ложных нажатий и дисперсия времени реакции (табл. 1).

В группе взрослых у пациентов с СДВГ было достоверно увеличено количество ошибок пропуска, время реакции и дисперсия времени реакции.

### Сравнительный анализ независимых компонент у подростков

Достоверные ( $p < 0,05$ ) различия между группами были обнаружены только для трех независимых компонент (рис. 1). Негативная полуволна левого задневисочного компонента в интервале 150–205 мс имела достоверно меньшую высоту пика в группе пациентов (0,95 мкВ), чем у здоровых (–0,24 мкВ). Согласно sLORETA, источник этого компонента локализуется в левой задневисочной коре, а вероятное функциональное значение соответствует процессу переработки зрительной информации.

Также, достоверное снижение высоты пика было обнаружено для позитивных полуволн в интервале 150–210 мс и 290–390 мс премоторного независимого компонента. Средняя высота пика более ранней полуволны в группе СДВГ составляет 3,28 мкВ, в группе здоровых — 5,19 мкВ. Средняя высота пика полуволны в интервале 290–390 мс в группе пациентов = 5,28 мкВ, в группе здоровых — 7,99 мкВ. Этот независимый компонент выделяется в вызванных потенциалах на второй стимул в пробе NoGo и,

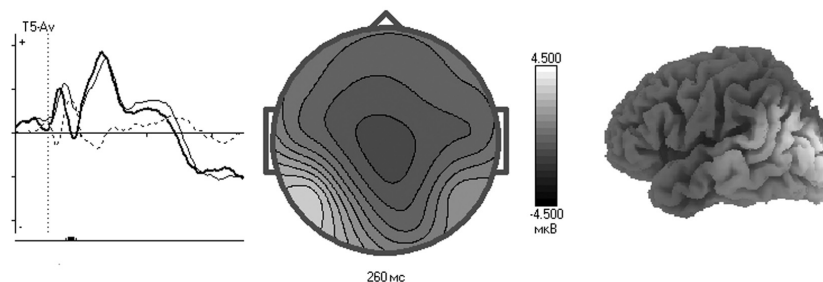
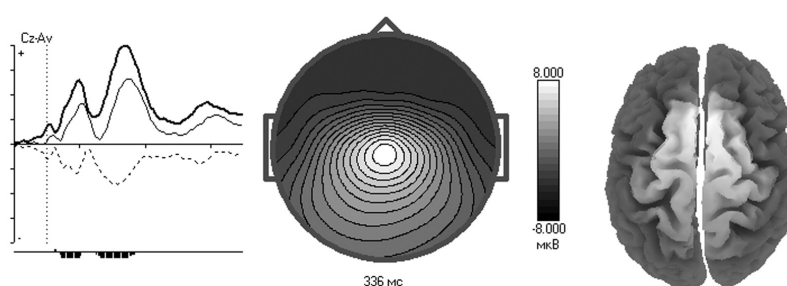
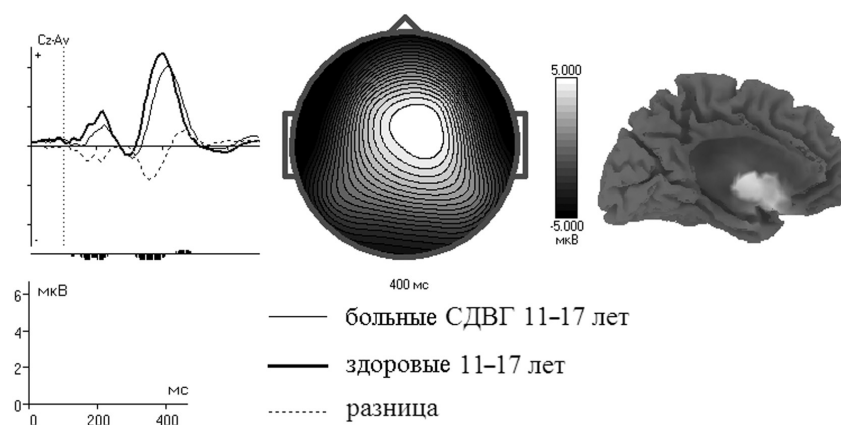
Таблица 1

Средние значения поведенческих показателей при выполнении теста

Показатели	11–17 лет		18–30 лет	
	СДВГ	Норма	СДВГ	Норма
Пропуски	<b>6,98</b>	<b>3,34</b>	<b>6,35</b>	<b>1,91</b>
Ложные нажатия	<b>2,4</b>	<b>1,31</b>	0,96	0,59
Время реакции (мс)	431,67	431,36	<b>445,39</b>	<b>376,18</b>
Дисперсия времени реакции	<b>13,08</b>	<b>11,32</b>	<b>11,69</b>	<b>8,52</b>

Полужирным шрифтом отмечены достоверные ( $p < 0,05$ ) различия между группами пациентов и здоровых

sLORETA

**Пробы NoGo****левый задневисочный компонент****Пробы NoGo****премоторный компонент****Пробы NoGo****компонент мониторинга**

**Рис. 1. Компоненты ВП, достоверно различающиеся в возрастной группе 11–17 лет пациентов с СДВГ и здоровых испытуемых:** Для каждого компонента на рисунке представлена топография, график среднего значения ВП (тонкая линия — для группы пациентов с диагнозом СДВГ, толстая — здоровые) и трехмерная локализация источников по sLORETA. Пунктирной линией изображена разностная кривая для групп здоровых и пациентов с СДВГ. Вертикальные столбики отражают уровень статистической значимости различий (t-критерий): низкие столбики соответствуют уровню значимости  $p < 0,05$ , средние —  $p < 0,01$ , высокие —  $p < 0,001$ . На графике среднего значения ВП по оси абсцисс отложено время в миллисекундах после предъявления второго зрительного стимула в паре, по оси ординат — значение амплитуды ВП в микровольтах. Время, в течение которого предъявлялся второй зрительный стимул (100 мс), отмечено вертикальными пунктирными линиями

предположительно, отражает процесс торможения действия.

Высота пика позитивной полуволны компонента мониторинга в группе СДВГ снижена до 1,01 мкВ (в группе здоровых — 1,76 мкВ), вы-

сота пика полуволны в интервале 340–450 мс — до 4,02 мкВ (в группе здоровых = 4,65 мкВ). Этот компонент выделяется в вызванных потенциалах на NoGo стимул и, вероятно, отражает процесс мониторинга результатов действия. Источник этого



компонента, по-видимому, локализуется в островковой коре.

#### *Сравнительный анализ независимых компонент у взрослых*

Достоверные различия ( $p < 0,05$ ) между группами были обнаружены для трех независимых компонентов (рис. 2). Позитивная полуволна левого задневисочного компонента в интервале 190–260 мс была достоверно снижена в группе пациентов (2,21 мкВ), по сравнению со здоровыми (4,25 мкВ). Согласно sLORETA, источник этого компонента локализуется в левой задневисочной коре, а предположительное

функциональное значение соответствует процессу переработки зрительной информации.

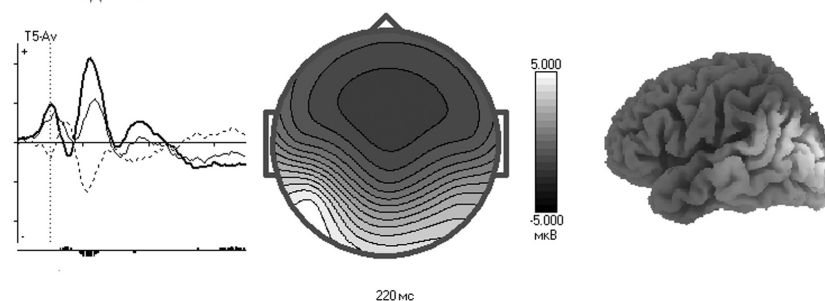
Также, достоверное снижение высоты пика было обнаружено для позитивных полуволн в интервале 160–210 мс и 270–370 мс премоторного независимого компонента. Средняя высота пика более ранней полуволны в группе СДВГ составляет 1,22 мкВ, в группе здоровых — 3,25 мкВ. Средняя высота пика полуволны в интервале 290–390 мс в группе пациентов = 3,37 мкВ, в группе здоровых = 6,73 мкВ.

Высота пика негативной полуволны компонента реакции на новизну в интервале 100–130 мс в группе

s LORETA

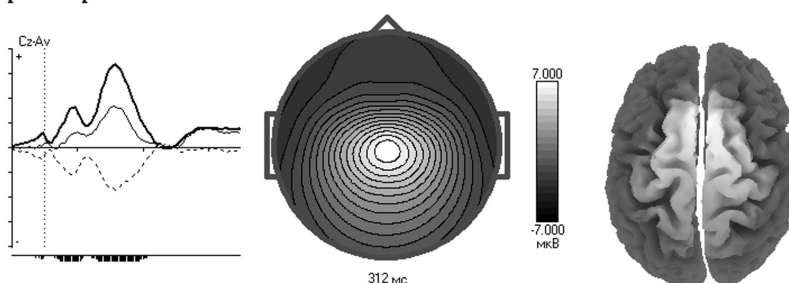
#### Пробы NoGo

левый задневисочный компонент



#### Пробы NoGo

премоторный компонент



#### Пробы Novel

компонент реакции на новизну

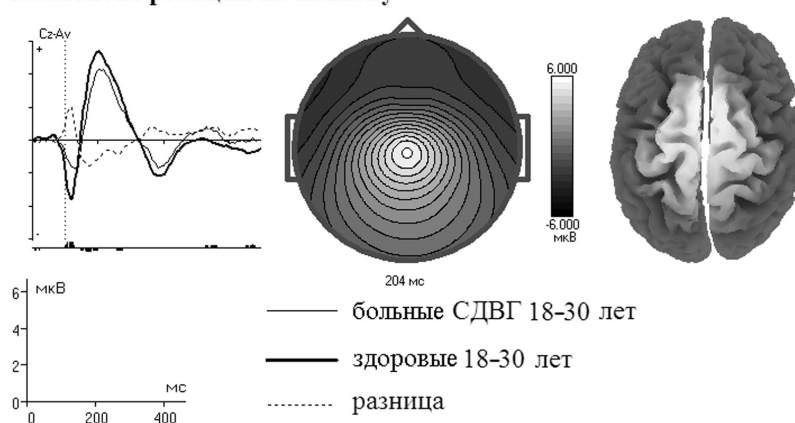


Рис. 2. Компоненты ВП, достоверно различающиеся в возрастной группе 18–30 лет пациентов с СДВГ и здоровых испытуемых. Обозначения те же, что и на рисунке 1

СДВГ снижена до  $-1,74$  мкВ (в группе здоровых —  $-3,58$  мкВ). Этот компонент выделяется в вызванных потенциалах на NoGo стимулы, и, согласно sLORETA, генерируется в премоторной коре.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Инструкция, даваемая при выполнении теста, приводит к тому, что после предъявления изображения животного на первом месте в паре картинок испытуемый готовится нажать на кнопку, если второе изображение будет идентично первому. Если ожидание оправдывается (проба Go), то подготовленное действие реализуется. Если же на втором месте предъявляется изображение растения (проба NoGo), то подготовленное действие необходимо затормозить. Процессы управления действиями, как и процессы обработки изображений, отражаются в компонентах вызванных потенциалов.

Нами были выявлены достоверные отличия от нормы по поведенческим показателям (количество ошибок, время реакции и дисперсия времени реакции) и амплитуде независимых компонент вызванных потенциалов у пациентов с СДВГ в двух возрастных группах.

Увеличение количества ложных нажатий при выполнении задания рассматривается как отражение повышенной импульсивности, так как такие ошибки возникают, когда испытуемый совершает действие в условиях, когда оно не требуется. Увеличение количества пропусков и времени реакции рассматриваются как корреляты пониженного уровня внимания [5, 16].

В нашей работе увеличение количества ложных нажатий наблюдалось только в подростковой группе испытуемых (11–17 лет). В сочетании с увеличением количества пропусков и дисперсии времени реакции это позволяет говорить о наличии у пациентов этой группы, как сниженного уровня внимания, так и импульсивности. Изменение поведенческих показателей у взрослых пациентов соответствует только коррелятам сниженного внимания.

По данным сравнительного анализа независимых компонент ВП у пациентов с СДВГ обеих возрастных групп наблюдалось снижение амплитуды двух независимых компонент, выделяемых в вызванных потенциалах на NoGo-стимулы (рис. 1, 2).

Первый компонент генерируется в левой височно-теменной области и, по-видимому, соответствует многократно описанной волне N170, которая отражает процесс распознавания зрительных объектов [18].

Второй компонент, согласно sLORETA, генерируется в премоторной коре — части мозга, вовлеченной в процессы подавления действий [17]. Предполагается, что этот компонент отражает процесс торможения действия при предъявлении NoGo-стимулов.

Кроме описанных выше, в группе подростков (11–17 лет) было обнаружено снижение амплитуды еще одного независимого компонента, имеющего центральное распределение и выделяемого в NoGo-пробах. Этот компонент, по-видимому, соответствует волне N2 NOGO традиционных вызванных потенциалов [8, 24] и отражает мониторинг конфликта между подготовленным действием (нажатие на кнопку) и реально осуществленным (отсутствие нажатия) [22].

В группе взрослых пациентов был нарушен другой компонент, специфичный для проб Novel, в которых, дополнительно к изображению, предъявлялся звуковой стимул. Латентность полуволны около 200 мс и локализация источника этого компонента в премоторной области коры, позволяет предположить, что он аналогичен компоненту P3a вызванных потенциалов, регистрируемых в тесте oddball парадигмы на редкий, «отвлекающий» стимул. Функциональное значение этого компонента соответствует реакции на новизну [25]. Голдштейн с соавторами предположил, что он может отражать процесс торможения, вызванного возникновением нового неожиданного фактора [15].

Полученные нами результаты говорят в пользу гипотезы о нарушении у пациентов с СДВГ работы системы управления, в частности процессов, обеспечивающих поддержание внимания и торможение лишнего в данных условиях действия. Наши данные также указывают на дисфункцию процессов обработки сенсорных стимулов у таких пациентов. При этом было обнаружено, что с возрастом показатели, отражающие уровень импульсивности, снижаются и во взрослом состоянии достоверно не отличаются от нормы, в то время как корреляты нарушения внимания выявляются как в подростковом, так и во взрослом периоде.

Согласно sLORETA, локализация источников независимых компонент вызванных потенциалов, нарушенных у пациентов подросткового возраста относительно нормы, соответствует левой задневисочной, премоторной и передней цингулярной областям коры, в то время как в группе взрослых пациентов изменений в передней цингулярной коре не наблюдается. Это может быть следствием некоторой компенсации симптомов во взрослом возрасте, на физиологическом уровне уменьшающей величину области нарушенного функционирования.

## ВЫВОДЫ

1. В обеих возрастных группах пациентов с СДВГ по сравнению с нормой наблюдалось увеличение количества ошибок при выполнении теста.
2. В группах пациентов подросткового и взрослого возраста было выявлено нарушение компонент вызванных потенциалов, отражающих процессы обработки сенсорных стимулов и работу системы управления.
3. Учитывая большую статистическую значимость различий независимых компонент пациентов и здоровых испытуемых в обеих возрастных группах, данная методика может быть использована для разработки дополнительного объективного критерия диагностики СДВГ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кротонов Ю.Д. Количественная ЭЭГ, когнитивные вызванные потенциалы и нейротерапия. Перевод с англ. под ред. В.А. Пономарева. — Донецк: Издатель Заславский А.Ю., 2010.
2. Кротонов Ю.Д. Мозговая организация восприятия и памяти: гипотеза программирования действий // Физиология человека. — 1989. — Т. 15 (3). — С. 19.
3. Кротонов Ю.Д., Пронина М.В., Поляков Ю.И., Пономарев В.А. Функциональные биомаркеры в диагностике психических заболеваний: когнитивные вызванные потенциалы // Физиология человека. — 2013. — Т. 39 (1). — С. 14–25.
4. Barkley R.A. Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD // Psychol Bull. — 1997. — Vol. 121. — P. 65–94.
5. Barkley R.A. The ecological validity of laboratory and analogue assessments of ADHD symptoms // Journal of Abnormal Child Psychology. — 1991. — Vol. 19. — P. 149–178.
6. Barkley R.A., Murphy K.R., Fischer M. ADHD in adults. What the science says. — New York: Guilford Press, 2008.
7. Barry R.J., Johnstone S.J., Clarke A.R. A review of electrophysiology in attention-deficit/hyperactivity disorder: II. Event-related potentials // Clin. Neurophysiol. — 2003. — Vol. 114. — P. 184.
8. Bekker E.M., Kenemans J.L., Verbaten M.N. Source analysis of the N 2 in a cued Go/NoGo task // Brain Res. Cogn. Brain Res. — 2005. — Vol. 22. — P. 221–231.
9. Bell A.J., Sejnowski T.J. An information-maximization approach to blind separation and blind deconvolution // Neural Comput. — 1995. — Vol. 7. — P. 1129–1159.
10. Broyd S.J., Johnstone S.J., Barry R.J., Clarke A.R., McCarthy R., Selikowitz M. et al. The effect of methylphenidate on response inhibition and the event-related potential of children with attention deficit/hyperactivity disorder // Int. J. Psychophysiol. — 2005. — Vol. 58. — P. 47–58.
11. Carter C.S., Krenner P., Chaderjian M., Northcutt C., Wolfe V. Abnormal processing of irrelevant information in attention deficit hyperactivity disorder // Psychiatry Res. — 1995. — Vol. 56. — P. 59–70.
12. Fallgatter A.J., Ehlis A.C., Rosler M., Strik W.K., Blocher D., Herrmann M.J. Diminished prefrontal brain function in adults with psychopathology in childhood related to attention deficit hyperactivity disorder // Psychiatry Res. — 2005. — Vol. 138. — P. 157–169.
13. Fellows L.K. The cognitive neuroscience of human decision making: a review and conceptual framework // Behav. Cogn. Neurosci. Rev. — 2004. — Vol. 3. — P. 159.
14. Gittelman R., Mannuzza S., Shenker R., Bonagura N. Hyperactive boys almost grown up: I. Psychiatric status // Arch. Gen. Psychiatry. — 1985. — Vol. 42. — P. 937–947.
15. Goldstein A., Spencer K.M., Donchin E. The influence of stimulus deviance and novelty on the P300 and novelty P3 // Psychophysiology. — 2002. — Vol. 39. — P. 781–790.
16. Halperin J.M., Wolf L.E., Pascualvaca D.M., Newcorn J.H., Healey J.M. Differential assessment of attention and impulsivity in children // Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry. — 1988. — Vol. 27. — P. 326–329.
17. Ikeda A., Lüders H.O., Burgess R.C., Shibasaki H. Movement-related potentials associated with single and repetitive movements recorded from human supplementary motor area // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. — 1993. — Vol. 89. — P. 269–277.
18. Itier R.J., Taylor M.J. N170 or N1? Spatiotemporal Differences between Object and Face Processing Using ERPs // Cerebral Cortex. — 2004. — Vol. 14. — P. 132–142.
19. Johnstone S.J., Clarke A.R. Dysfunctional response preparation and inhibition during a visual Go/No-go task in children with two subtypes of attention-deficit hyperactivity disorder // Psychiatry Res. — 2009. — Vol. 166. — P. 223–237.
20. Kropotov J.D., Ponomarev V.A., Hollup S., Mueller A. Dissociating action inhibition, conflict monitoring and sensory mismatch into independent components of event related potentials in GO/NOGO task // NeuroImage. — 2011. — Vol. 57 (2). — P. 565–575.
21. Nachev P. Cognition and medial frontal cortex in health and disease // Curr. Opin. Neurol. — 2006. — Vol. 19. — P. 586.
22. Nieuwenhuis S., Yeung N., van den Wildenberg W.K., Ridderinkhof W.W. Electrophysiological correlates of anterior cingulate function in a Go/No-Go task // Cogn. Affect. Behav. Neurosci. — 2003. — Vol. 3. — P. 17–26.

23. Pascual-Marqui R.D. Standardized low resolution brain electromagnetic tomography (sLORETA): technical details // *Methods & Findings in Experimental & Clinical Pharmacology*. — 2002. — Vol. 24. — P. 5–12.
24. Pfefferbaum A., Ford J.M., Weller B.J., Kopell B.S. ERPs to response production and inhibition // *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* — 1985. — Vol. 60. — P. 423–434.
25. Polich J., Criado J.R. Neuropsychology and neuropharmacology of P3a and P3b // *Int. J. Psychophysiol.* — 2006. — Vol. 60. — P. 172–185.
26. Prox V., Dietrich D.E., Zhang Y., Emrich H.M., Ohlmeier M.D. Attentional processing in adults with ADHD as reflected by event-related potentials // *Neurosci Lett.* — 2007. — Vol. 419. — P. 236–241.
27. Smith J.L., Johnstone S.J., Barry R.J. Inhibitory processing during the Go/NoGo task: an ERP analysis of children with attention-deficit/hyperactivity disorder // *Clin. Neurophysiol.* — 2004. — Vol. 115. — P. 1320–1331.
28. Spencer T.J., Biederman J., Mick E. Attention-deficit/hyperactivity disorder: diagnosis, lifespan, comorbidities, and neurobiology // *Ambul. Pediatr.* — 2007. — Vol. 7. — P. 73–81.
29. Spronk M., Jonkman L.M., Kemner C. Response inhibition and attention processing in 5- to 7-year-old children with and without symptoms of ADHD: an ERP study // *Clin. Neurophysiol.* — 2008. — Vol. 119. — P. 2738–2752.
30. Vigário R.N. Extraction of ocular artefacts from EEG using independent component analysis // *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* — 1997. — Vol. 103 (3). — P. 395–340.

# ANALYSIS OF INDEPENDENT COMPONENTS FOR ERPS FROM ADHD PATIENTS OF VARIOUS AGES

Pronina M.V., Ponomarev V.A., Myuller A., Kropotov Yu.D.

◆ **Resume.** We investigated the characteristics of independent components for event-related potentials in adolescents (11–17 years old) and adults (18–30 years old) with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), compared to the normative database. In both age groups was found significant decrease in the amplitude of the two independent components generated (according to sLORETA) in the left posterior temporal and premotor cortex and presumably associated with the processing of visual stimuli and the action suppression. In the teenage group, moreover, was broken component generated in the cingulate cortex in the adult group – another component, the source of which is localized in the premotor cortex.

◆ **Key words:** cognitive evoked potentials; ADHD; adolescents; Independent Component Analysis; Go/NoGo test.

## ◆ Информация об авторах

*Пронина Марина Владимировна* — канд. биол. наук, младший научный сотрудник лаборатории нейробиологии программирования действий. ФГБУН «Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой» Российской академии наук. 197376, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 9. E-mail: proninamarina@mail.ru.

*Пономарев Валерий Александрович* — канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории нейробиологии программирования действий. ФГБУН «Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой» Российской академии наук. 197376, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 9. E-mail: valery\_ponomarev@mail.ru.

*Мюллер Андреас* — директор Детского центра. Детский центр. CH-7000, Кур, ул. Постштрассе, д. 22. E-mail: andreas\_mueller@swissonline.ch.

*Кропотов Юрий Дмитриевич* — д-р. биол. наук, лауреат Государственной премии СССР, профессор, заведующий лабораторией нейробиологии программирования действий. ФГБУН «Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой» Российской академии наук. 197376, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 9. E-mail: yurykropotov@yahoo.com.

*Pronina Marina Vladimirovna* — PhD, Junior Researcher, Laboratory of Neurobiology for Action Programming. N.P. Bechtereva Institute of the Human Brain, Russian Academy of Sciences. 9, Akademik Pavlov St., St. Petersburg, 197376, Russia. E-mail: proninamarina@mail.ru.

*Ponomarev Valeriy Aleksandrovich* — PhD, Leading Researcher, Laboratory of Neurobiology for Action Programming. N.P. Bechtereva Institute of the Human Brain, Russian Academy of Sciences. 9, Akademik Pavlov St., St. Petersburg, 197376, Russia. E-mail: valery\_ponomarev@mail.ru.

*Müller Andreas* — PhD, Director of the Research Clinic. Praxis für Kinder: Organisation und Entwicklung. CH-7000, Chur, Poststrasse, 22. E-mail: andreas\_mueller@swissonline.ch.

*Kropotov Yuriy Dmitriyevich* — Professor, Head, Laboratory of Neurobiology for Action Programming, USSR state prize winner. N.P. Bechtereva Institute of the Human Brain, Russian Academy of Sciences. 9, Akademik Pavlov St., St. Petersburg, 197376, Russia. E-mail: yurykropotov@yahoo.com.