

# СВЯЗЬ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЭГ СО СТЕПЕНЬЮ ВЫРАЖЕННОСТИ АУТИСТИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ

DOI: 10.17691/stm2019.11.1.10

УДК 616.896–073.7–053.2

Поступила 22.10.2018 г.



**А.Б. Сорокин**, к.б.н., ведущий научный сотрудник<sup>1</sup>; старший научный сотрудник отделения функциональной диагностики Университетской клиники<sup>2</sup>; аффилированный исследователь<sup>3</sup>;

**О.В. Баландина**, руководитель Университетского центра психологии и развития детей<sup>2</sup>;

**С.А. Полевая**, д.б.н., зав. отделом нейрофизиологии ЦНИЛ<sup>2</sup>; зав. кафедрой психофизиологии<sup>4</sup>;

**Г.А. Мишанов**, аспирант кафедры психиатрии и медицинской психологии<sup>2</sup>;

врач-психиатр Университетского центра психологии и развития детей<sup>2</sup>;

**Л.В. Савчук**, аспирант кафедры психофизиологии<sup>4</sup>; младший научный сотрудник отдела нейрофизиологии ЦНИЛ<sup>2</sup>;

**В.В. Борзиков**, младший научный сотрудник отделения функциональной диагностики Университетской клиники<sup>2</sup>;

**В.В. Дворянинова**, ассистент кафедры психиатрии и медицинской психологии<sup>2</sup>;

младший научный сотрудник отделения функциональной диагностики Университетской клиники<sup>2</sup>;

**А.Н. Белова**, д.м.н., профессор, руководитель отделения функциональной диагностики Университетской клиники<sup>2</sup>; зав. кафедрой медицинской реабилитации<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный ресурсный центр по организации комплексного сопровождения детей с расстройствами аутистического спектра Московского государственного психолого-педагогического университета, ул. Сретенка, 29, Москва, 127051;

<sup>2</sup>Приволжский исследовательский медицинский университет, пл. Минина и Пожарского, 10/1, Н. Новгород, 603005;

<sup>3</sup>Haskins Laboratories, 300 George St. #900, New Haven, CT 06511, USA;

<sup>4</sup>Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, проспект Гагарина, 23, Н. Новгород, 603950

Анализ биоэлектрической активности головного мозга с помощью ЭЭГ покоя — наиболее простой и доступный метод исследования у детей с аутизмом. Спектральный анализ ЭЭГ позволяет выявить области с преобладанием той или иной формы активности, отражающие баланс процессов возбуждения и торможения. Исследования осложняются отсутствием биологических тестов для диагностики аутизма, который устанавливается по клиническим характеристикам. «Золотым стандартом» диагностики на данный момент является ADOS-2 — методика, оценивающая выраженность социальных нарушений и стереотипного поведения у ребенка посредством наблюдения за его игрой и взаимодействием.

**Цель исследования** — оценка применимости спектральных характеристик ЭЭГ в качестве динамического биомаркера аутизма путем изучения их корреляционных связей с баллом ADOS-2, отражающим степень выраженности аутистических проявлений.

**Материалы и методы.** С помощью ADOS-2 обследованы 18 детей с установленным диагнозом «детский аутизм». Для оценки степени выраженности проявлений аутизма определяли сравнительный балл. Всем выполнена ЭЭГ покоя с последующим анализом относительных значений спектральной мощности.

**Результаты.** Дети, включенные в группу, демонстрировали различную степень проявлений аутизма, сравнительный балл ADOS-2 варьировал в диапазоне от 4 до 10. Выявлена положительная корреляция сравнительного балла со значением спектральной мощности по нескольким отведениям. Основные корреляции обнаружены в бета-диапазоне, при этом установлено, что чем выше уровень бета-активности, тем сильнее выражены аутистические проявления. Это служит указанием на градуированную вовлеченность дисбаланса возбуждения и торможения в патогенез аутизма и потенциально делает обоснованным использование спектральной мощности в бета-диапазоне в качестве динамического показателя в ситуации, когда изменения на поведенческом уровне установить трудно.

**Заключение.** Относительная спектральная мощность ЭЭГ в бета-диапазоне положительно коррелирует со сравнительным баллом ADOS-2, что может служить динамическим биомаркером выраженности аутистических проявлений.

**Ключевые слова:** аутизм; ADOS-2; ЭЭГ при аутизме; спектральный анализ ЭЭГ.

**Как цитировать:** Sorokin A.B., Balandina O.V., Polevaya S.A., Mishanov G.A., Savchuk L.V., Borzikov V.V., Dvoryaninova V.V., Belova A.N. Correlations between the EEG spectral characteristics and the severity of autistic manifestations. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2019; 11(1): 84–89, <https://doi.org/10.17691/stm2019.11.1.10>

**Для контактов:** Баландина Оксана Венедиктовна, e-mail: [neurorazvitie@yandex.ru](mailto:neurorazvitie@yandex.ru)

## Correlations between the EEG Spectral Characteristics and the Severity of Autistic Manifestations

**A.B. Sorokin**, PhD, Principal Researcher<sup>1</sup>; Senior Researcher, Department of Functional Diagnostics, University Clinic<sup>2</sup>; Affiliated Researcher<sup>3</sup>;  
**O.V. Balandina**, Head of the University Center for Psychology and Child Development<sup>2</sup>;  
**S.A. Polevaya**, DSc, Head of the Department of Neurophysiology, Central Scientific Research Laboratory<sup>2</sup>; Head of the Department of Psychophysiology<sup>4</sup>;  
**G.A. Mishanov**, PhD Student, Department of Psychiatry and Medical Psychology<sup>2</sup>; Psychiatrist, University Center for Psychology and Child Development<sup>2</sup>;  
**L.V. Savchuk**, PhD Student, Department of Psychophysiology<sup>4</sup>; Junior Researcher, Department of Neurophysiology, Central Scientific Research Laboratory<sup>2</sup>;  
**V.V. Borzиков**, Junior Researcher, Department of Functional Diagnostics, University Clinic<sup>2</sup>;  
**V.V. Dvoryaninova**, Assistant, Department of Psychiatry and Medical Psychology<sup>2</sup>; Junior Researcher, Department of Functional Diagnostics, University Clinic<sup>2</sup>;  
**A.N. Belova**, MD, DSc, Professor, Head of the Department of Functional Diagnostics, University Clinic<sup>2</sup>; Head of the Department of Medical Rehabilitation<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Federal Resource Center for Organizing Comprehensive Support for Children with Autism Spectrum Disorders, Moscow State University of Psychology and Education, 29 Sretenka St., Moscow, 127051, Russia;

<sup>2</sup>Privolzhsky Research Medical University, 10/1 Minin and Pozharsky Square, Nizhny Novgorod, 603005, Russia;

<sup>3</sup>Haskins Laboratories, 300 George St. #900, New Haven, CT 06511, USA;

<sup>4</sup>National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, 23 Prospekt Gagarina, Nizhny Novgorod, 603950, Russia

Analyzing the brain bioelectrical activity by EEG at rest is a simple and accessible method of research in children. Spectral EEG analysis can identify areas where certain types of activity, that reflect the excitation and inhibition balance, are predominant. Research is complicated by the lack of biological tests for the diagnosis of autism, the illness is diagnosed by clinical characteristics only. Thus, the gold standard of diagnostics is ADOS-2, a technique that assesses the severity of social communication deficits and stereotypical behavior in a child by observing his/her play and interaction.

**The aim of the study** was to assess the EEG spectral characteristics for their correlation with the ADOS-2 score that reflects the severity of autistic manifestations.

**Materials and Methods.** Eighteen children with a confirmed diagnosis of "childhood autism" were examined using ADOS-2. To assess the severity of autism manifestations, we used the comparative ADOS-2 score. Resting state EEG was collected for all subjects with subsequent calculation of the relative spectral power.

**Results.** The examined children showed various degrees of autism, and their comparative ADOS-2 score ranged from 4 to 10. A positive correlation of the comparative score with the EEG spectral power at several leads was revealed. The best correlation was found in the beta range of EEG: the higher the beta activity level, the more pronounced the autistic manifestations. The result indicates that the imbalance between excitation and inhibition is gradually involved in the pathogenesis of autism. Therefore, the spectral power value in the beta range can be potentially used as a dynamic indicator of autism when behavioral changes are difficult to assess.

**Conclusion.** The relative EEG spectral power in the beta range positively correlates with the ADOS-2 comparative score and therefore can serve as a dynamic biomarker of autism.

**Key words:** autism; ADOS-2; EEG in autism; spectral analysis of EEG.

### Введение

Расстройства аутистического спектра входят в число наиболее распространенных нарушений развития — до 1 случая на 59 человек [1]. В классификации МКБ-10 [2] они представлены несколькими нозологическими единицами, такими как детский аутизм (F84.0), атипичный аутизм (F84.1) и синдром Аспергера (F84.5), однако в следующей редакции

классификации [3] предполагается реализовать тенденцию последних десятилетий: объединять различные подтипы аутизма в одну диагностическую категорию — расстройство аутистического спектра (6A02).

Аутизм характеризуется значительной гетерогенностью проявлений, однако у всех людей с таким диагнозом в той или иной степени присутствуют нарушения в области социального взаимодействия, общения, наблюдаются стереотипные и повторяющиеся формы

поведения, которые проявляются в раннем возрасте [4]. У 10–30% людей причина аутизма имеет известную генетическую природу [5], однако патогенетические механизмы как в случаях с установленной мутацией, так и при идиопатическом аутизме требуют дальнейшего исследования.

Биологический тест на аутизм отсутствует, диагностика осуществляется по поведенческим проявлениям и информации от родителей. Для снижения субъективности оценки поведения и интерпретации данных о развитии ребенка были разработаны стандартизированные методы выявления и диагностики аутизма. Они доступны как врачам-психиатрам, так и другим специалистам медицинского и психолого-педагогического профиля. «Золотым стандартом» диагностики аутизма считаются «Интервью для диагностики аутизма — переработанное» (ADI-R) [6] и «План диагностического обследования при аутизме» (ADOS-2) [7], представляющие собой подробное интервью с родителями и протокол непосредственного наблюдения за поведением ребенка, подростка или взрослого. ADOS-2 включает в себя 10–15 заданий, при которых обследуемый может проявить или не проявить социальные инициативы и реакции, оцениваемые интервьюером по определенным критериям. Оценки в областях «Речь и общение», «Социальное взаимодействие», «Игра и креативность», «Стереотипные и повторяющиеся формы поведения» и «Другие формы поведения» переносятся в алгоритм и сравниваются с предельными значениями для диагностических групп «аутизм» и «спектр аутизма». Для детей ясельного возраста вместо диагностических групп определяется уровень беспокойства с точки зрения развития нарушения в спектре аутизма [8]. Помимо диагностической группы по результатам ADOS-2 выявляется степень выраженности аутистических проявлений по десятибалльной шкале. Эта методика позволяет определить, насколько сильно выражены проявления у данного конкретного испытуемого по сравнению с другими людьми с аутизмом того же возраста и уровня владения экспрессивной речью. В отличие от «сырого» балла ADOS-2 сравнительный балл является калиброванным и таким образом служит более устойчивым показателем индивидуальных особенностей испытуемых [9]. В зависимости от значения сравнительного балла степень выраженности аутистических проявлений определяется как «высокая», «умеренная», «низкая» и «минимальная (отсутствие симптомов)».

Параллельно с работой по улучшению диагностических инструментов, основанных на анализе поведенческих проявлений, продолжается поиск биомаркеров аутизма. Одним из многообещающих методов в этом плане является электроэнцефалограмма (ЭЭГ) покоя [10, 11]. Она позволяет регистрировать биопотенциалы, суммирующие активность групп нейронов, с поверхности головы испытуемого с высоким временным разрешением. От испытуемого требуется готовность к сотрудничеству в виде закрывания глаз на несколько

минут. Запись подвергается визуальному анализу, в результате которого выявляется информация о наличии патологических форм активности, в том числе эпилептиформных, что имеет особую важность в связи с высокой коморбидностью аутизма и эпилепсии [12].

Спектральный анализ ЭЭГ позволяет выявить области с преобладанием той или иной формы активности, которая отражает баланс процессов возбуждения и торможения [13]. Основной спектральной характеристикой ЭЭГ служит спектральная мощность, фиксируемая в индивидуальных (одногерцевые узкие полосы частот) или стандартных диапазонах частот: дельта (до 4 Гц), тета (4–7 Гц), альфа (7–13 Гц), бета (13–30 Гц) — часто подразделяется на поддиапазоны бета-1 (13–20 Гц) и бета-2 (20–30 Гц) — и гамма (выше 30 Гц). На групповом уровне этот цифровой параметр может сравниваться между группами, а также подвергаться корреляционному анализу с другими параметрами, в том числе результатами обследования на предмет особенностей поведения.

Исследования спектральных характеристик ЭЭГ покоя при аутизме немногочисленны, и полученные результаты иногда противоречат друг другу [14]. Так, например, среди описанных особенностей ЭЭГ при аутизме есть данные как о повышении уровня тета-активности [15, 16], так и о снижении его по сравнению со значениями у типично развивающихся сверстников [17]. Наиболее часто документируемым изменением является повышенный уровень активности в «быстрых» диапазонах — бета и гамма [15, 18, 19]. Его связывают со смещением баланса возбуждения и торможения в центральной нервной системе в сторону возбуждения, опосредованного изменениями в ГАМК-ергической системе [20].

**Целью исследования** явилось выявление корреляционной связи между сравнительным баллом ADOS-2, отражающим степень выраженности аутистических проявлений в когнитивной и аффективной сферах, и спектральными характеристиками ЭЭГ для оценки возможности их использования в качестве динамического биомаркера аутизма.

## Материалы и методы

В исследование вошли 18 детей с установленным диагнозом «детский аутизм» (шифр МКБ-10 F84.0), из них 12 мальчиков и 6 девочек. Средний возраст участников составил  $5,3 \pm 1,5$  года. Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией (2013) и одобрено Этическим комитетом Приволжского исследовательского медицинского университета. От родителей пациентов получено информированное согласие.

15 пациентов демонстрировали речь в виде отдельных слов или отсутствие вербальной коммуникации. Они были обследованы с использованием модуля 1 ADOS-2. У 3 детей была сформирована фразовая речь, в связи с чем при обследовании с ними проводили задания модуля 2. Степень выраженности аути-

стических проявлений оценивали при помощи сравнительного балла ADOS-2, который рассчитывали на основании «сырого» балла с учетом возраста и уровня владения экспрессивной речью.

Запись ЭЭГ осуществляли при помощи электроэнцефалографа-анализатора ЭЭГА-21/26 «Энцефалан-131-03» («Медиком МТД», Россия). Запись велась от 19 электродов (Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1, O2), расположенных по стандартной схеме «10–20». Частота дискретизации — 250 Гц. Параметры фильтрации исходного сигнала: частота среза фильтра верхних частот — 0,5 Гц, фильтра нижних частот — 70 Гц, режекторный фильтр на частоте сети — 50 Гц. Значения импеданса не превышали 10 кОм. Безартефактные участки записи подвергались быстрому преобразованию Фурье, результаты которого представлялись в виде значений спектральной мощности. Для минимизации индивидуальных отличий в пределах группы в дальнейший анализ включались относительные значения спектральной мощности в стандартных диапазонах частот — дельта, тета, альфа и бета, а также в узких диапазонах с шагом 1 Гц. Корреляционный анализ проводили при помощи критерия Спирмена между значениями спектральной мощности и сравнительными баллами. Достоверными считались значения коэффициента корреляции более 0,413 ( $p < 0,05$ ). Результаты представлялись в виде таблиц значений коэффициента корреляции по отведениям ЭЭГ и узким или стандартным диапазонам, а также в виде таблиц значений  $r$ . Статистическую обработку и картирование осуществляли при помощи пакета «Нейро-КМ».

## Результаты и обсуждение

По данным обследования по методике ADOS-2 16 детей были отнесены к диагностической категории «аутизм», двое — к категории «спектр аутизма». Сравнительный балл варьировал в диапазоне от 4 до 10, степень аутистических проявлений оценивали как

Таблица 1

Результаты обследования детей с помощью ADOS-2

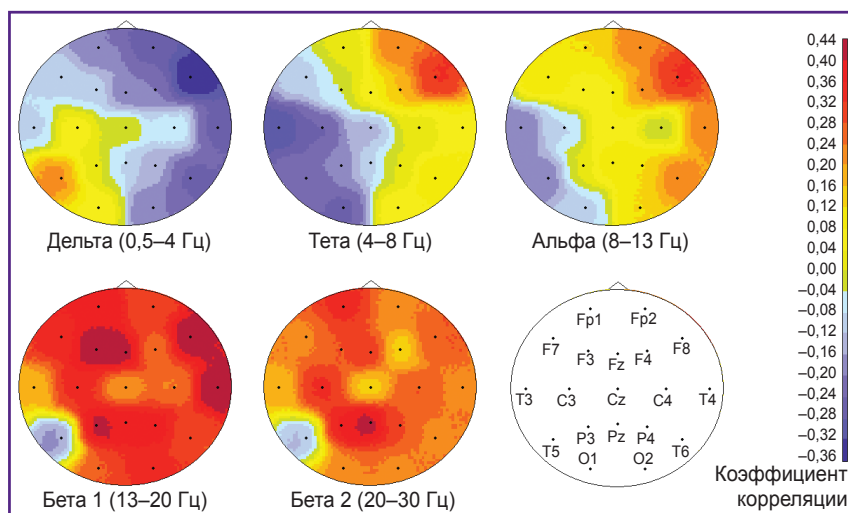
№	Диагностическая категория по методике ADOS-2	Сравнительный балл
1	Аутизм	7
2	Аутизм	8
3	Аутизм	8
4	Аутизм	9
5	Аутизм	10
6	Аутизм	6
7	Аутизм	7
8	Аутизм	6
9	Аутизм	5
10	Аутизм	8
11	Спектр аутизма	4
12	Аутизм	7
13	Спектр аутизма	6
14	Аутизм	7
15	Аутизм	7
16	Аутизм	6
17	Аутизм	10
18	Аутизм	6

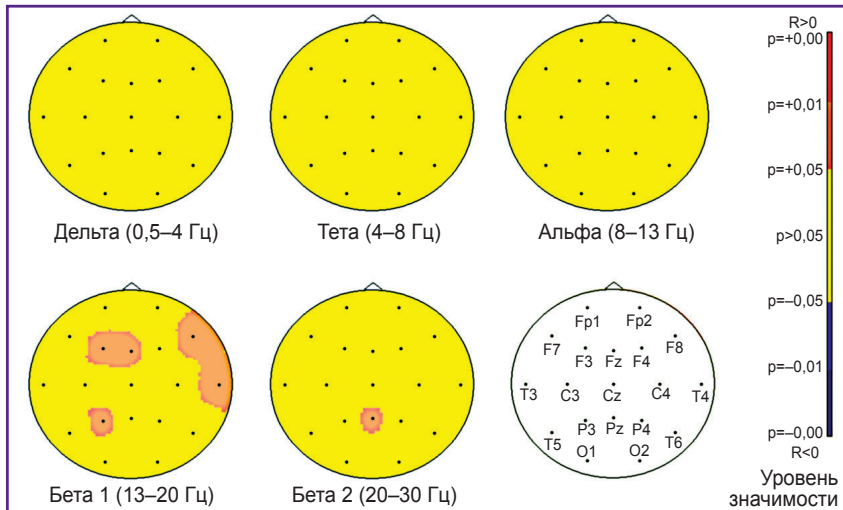
умеренную или высокую. Клинические характеристики детей, полученные с помощью ADOS-2, представлены в табл. 1.

Корреляция аутистических проявлений спектральных параметров ЭЭГ выявила следующую особенность. Сравнительный балл ADOS-2 положительно коррелирует со значением спектральной мощности по отведениям F3, Fz, F8, T4, P3 в полосе частот бета-1 ( $R=0,425; 0,421; 0,442; 0,420; 0,445$  соответственно; все  $p < 0,05$ ), Pz в полосе частот бета-2 ( $R=0,436; p < 0,05$ ), а также погранично — в зоне Pz в полосе частот бета-1 ( $R=0,412; p=0,05$ ). Результаты ЭЭГ-картирования представлены на рис. 1 и 2.

Рис. 1. Корреляция относительной спектральной мощности (процент от всего диапазона) и сравнительного балла ADOS-2 по отведениям Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1, O2

Значения коэффициента корреляции Спирмена значимо отличны от нуля:  $R > 0,413; R < -0,413$  ( $p < 0,05$ )





**Рис. 2. Корреляция относительной спектральной мощности (процент от всего диапазона) и сравнительного балла ADOS-2**

Корреляция Спирмена: уровень значимости  $p$  со знаком «+» — для положительных значений коэффициента корреляции  $R > 0$ ; со знаком «-» — для отрицательных значений коэффициента корреляции  $R < 0$  по отведениям Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1, O2

Таблица 2

**Значения коэффициента корреляции Спирмена между относительной спектральной мощностью ЭЭГ и сравнительным баллом ADOS-2 при уровне значимости  $p < 0,05$**

Полоса частот, Гц	Отведение	Значение R
2-3	F8	0,46
5-6	F8	0,44
5-6	Fp2	0,46
6-7	F8	0,43
12-13	F8	0,45
12-13	Pz	0,43
12-13	P4	0,5
12-13	T6	0,42
14-15	F3	0,44
14-15	Fz	0,43
14-15	F8	0,42
14-15	T4	0,42
15-16	Fz	0,45
15-16	F8	0,47
15-16	T4	0,49
17-18	F3	0,44
17-18	Fz	0,46
17-18	Fp1	0,42
18-19	F7	0,43
18-19	P3	0,42
18-19	P4	0,51
18-19	O2	0,42
19-20	F7	0,44
19-20	Fz	0,42
19-20	F8	0,46
19-20	P3	0,55
19-20	Pz	0,46
23-24	P3	0,45
23-24	Pz	0,43
27-28	Pz	0,45
28-29	P3	0,42
28-29	Pz	0,44
29-30	Fz	0,48
29-30	P3	0,43
29-30	Pz	0,57

В узких одногерцевых полосах частот достоверные значения коэффициента корреляции Спирмена выявлены в полосах частот 2-3 Гц (F8), 5-6 Гц (F8, Fp2), 6-7 Гц (F8), 12-13 Гц (F8, Pz, P4, T6), 14-15 Гц (F3, Fz, F8, T4), 15-16 Гц (Fz, F8, T4), 17-18 Гц (F3, Fz, Fp1), 18-19 Гц (F7, P3, P4, O2), 19-20 Гц (F7, Fz, F8, P3, Pz), 23-24 Гц (P3, Pz), 27-28 Гц (Pz), 28-29 Гц (P3, Pz), 29-30 Гц (Fz, P3, Pz). Все корреляции были положительными, значения коэффициента корреляции приведены в табл. 2.

При исследовании как стандартных диапазонов, так и одногерцевых узких полос частот спектра основные корреляции были выявлены в бета-диапазоне ЭЭГ. Объективная интерпретация корреляций сравнительного балла ADOS-2 со спектральной мощностью в дельта- и тета-диапазонах затруднена, так как они немногочисленны и затрагивают только крайние лобные и височные зоны, которые наиболее уязвимы для двигательных артефактов.

Связь степени аутистических проявлений с наиболее стабильным изменением ЭЭГ с точки зрения спектральных характеристик [19, 20] косвенно свидетельствует о конкурентной валидности обоих инструментов диагностики. Данные нейрофизиологического и поведенческого методов говорят о том, что чем выше уровень бета-активности на ЭЭГ, тем сильнее выражены аутистические проявления. Это является указанием на градуированную вовлеченность дисбаланса возбуждения и торможения в патогенез аутизма и потенциально делает обоснованным использование спектральной мощности ЭЭГ в бета-диапазоне в качестве динамического показателя в ситуации, когда изменения на поведенческом уровне установить трудно.

### Заключение

В настоящем исследовании впервые показана связь степени выраженности аутистических проявлений в виде сравнительного балла ADOS-2 со спектральными характеристиками ЭЭГ. Относительная

спектральная мощность в бета-диапазоне положительно коррелирует со сравнительным баллом, что соответствует представлениям о повышенном возбуждении в центральной нервной системе при аутизме.

**Финансирование исследования.** Работа выполнена в рамках госзадания «Выявление предикторов реабилитационного прогноза при двигательных и когнитивных нарушениях у детей с ограниченными возможностями (ДЦП, задержка статомоторного и психоречевого развития и др.)».

**Конфликт интересов.** А.Б. Сорокин получил компенсацию за перевод и редактирование ADOS-2, а также за чтение лекции на курсах повышения квалификации.

### Литература/References

- Baio J., Wiggins L., Christensen D.L., Maenner M.J., Daniels J., Warren Z., Kurzius-Spencer M., Zahorodny W., Robinson Rosenberg C., White T., Durkin M.S., Imm P., Nikolaou L., Yeargin-Allsopp M., Lee L.C., Harrington R., Lopez M., Fitzgerald R.T., Hewitt A., Pettygrove S., Constantino J.N., Vehorn A., Shenouda J., Hall-Lande J., Van Naarden Braun K., Dowling N.F. Prevalence of autism spectrum disorder among children aged 8 years — autism and developmental disabilities monitoring network, 11 sites, United States, 2014. *MMWR Surveill Summ* 2018; 67(6): 1–23, <https://doi.org/10.15585/mmwr.ss6706a1>.
- Всемирная организация здравоохранения. Международная классификация болезней (10-й пересмотр). СПб: Адис, 1994. World Health Organization. *Mezhdunarodnaya klassifikatsiya bolezney* (10-y peresmotr) [International classification of diseases (10th revision)]. Saint Petersburg: Adis, 1994.
- ICD-11: mortality and morbidity statistics. URL: <https://icd.who.int>.
- Lai M.C., Lombardo M.V., Baron-Cohen S. Autism. *Lancet* 2014; 383(9920): 896–910, [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(13\)61539-1](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(13)61539-1).
- Vorstman J.A.S., Parr J.R., Moreno-De-Luca D., Anney R.J.L., Nurnberger J.I. Jr., Hallmayer J.F. Autism genetics: opportunities and challenges for clinical translation. *Nat Rev Genet* 2017; 18(6): 362–376, <https://doi.org/10.1038/nrg.2017.4>.
- Раттер М., Ле Кутто Э., Лорд К. ADI-R. Интервью для диагностики аутизма. Под. ред. Сорокина А. Western Psychological Services; Giunti O.S.; 2014. Rutter M., Le Couteur A., Lord C. *ADI-R. Intervyu dlya diagnostiki autizma* [Autism diagnostic interview-revised]. Pod. red. Sorokina A. [Sorokin A. (editor)]. Western Psychological Services; Giunti O.S.; 2014.
- Лорд К., Раттер М., ДиЛаворе П., Ризи С., Готэм К., Бишоп С.Л., Лайстер Р.Д., Гатри У. ADOS-2. План диагностического обследования при аутизме. Western Psychological Services; Giunti O.S.; 2016. Lord C., Rutter M., DiLavore P., Risi S., Gotham K., Bishop S.L., Luyster R.D., Guthrie W. *ADOS-2. Plan diagnosticheskogo obsledovaniya pri autizme* [ADOS-2. Autism diagnostic observation schedule]. Western Psychological Services; Giunti O.S.; 2016.
- Сорокин А.Б., Давыдова Е.Ю. Изучение особенностей поведения и общения у детей ясельного возраста с подозрением на наличие расстройства в спектре аутизма при помощи «Плана диагностического обследования при аутизме» ADOS-2. Аутизм и нарушения развития 2017; 15(2): 38–44. Sorokin A.B., Davydova E.Y. Autism diagnostic evaluation schedule (ADOS-2) for evaluation of behavior and communication in toddlers with concern of autism spectrum disorder. *Autizm i narusheniya razvitiya* 2017; 15(2): 38–44, <https://doi.org/10.17759/autdd.2017150204>.
- Gotham K., Pickles A., Lord C. Standardizing ADOS scores for a measure of severity in autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord* 2009; 39(5): 693–705, <https://doi.org/10.1007/s10803-008-0674-3>.
- Heunis T.M., Aldrich C., de Vries P.J. Recent advances in resting-state electroencephalography biomarkers for autism spectrum disorder — a review of methodological and clinical challenges. *Pediatr Neurol* 2016; 61: 28–37, <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2016.03.010>.
- Yasuhara A. Correlation between EEG abnormalities and symptoms of autism spectrum disorder (ASD). *Brain Dev* 2010; 32(10): 791–798, <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2010.08.010>.
- Buckley A.W., Holmes G.L. Epilepsy and autism. *Cold Spring Harb Perspect Med* 2016; 6(4): a022749, <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a022749>.
- Brain electrical activity mapping for diagnosing psychiatric disorders: a review of the clinical evidence. *Rapid response report: summary with critical appraisal*. Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; 2014.
- Devitt N.M., Gallagher L., Reilly R.B. Autism spectrum disorder (ASD) and fragile X syndrome (FXS): two overlapping disorders reviewed through electroencephalography — what can be interpreted from the available information? *Brain Sci* 2015; 5(2): 92–117, <https://doi.org/10.3390/brainsci5020092>.
- Coben R., Clarke A.R., Hudspeth W., Barry R.J. EEG power and coherence in autistic spectrum disorder. *Clin Neurophysiol* 2008; 119(5): 1002–1009, <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2008.01.013>.
- Pop-Jordanova N., Zorcec T., Demerdzieva A., Gucev Z. QEEG characteristics and spectrum weighted frequency for children diagnosed as autistic spectrum disorder. *Nonlinear Biomed Phys* 2010; 4(1): 4, <https://doi.org/10.1186/1753-4631-4-4>.
- Shephard E., Tye C., Ashwood K.L., Azadi B., Asherson P., Bolton P.F., McLoughlin G. Resting-state neurophysiological activity patterns in young people with ASD, ADHD, and ASD + ADHD. *J Autism Dev Disord* 2018; 48(1): 110–122, <https://doi.org/10.1007/s10803-017-3300-4>.
- van Diessen E., Senders J., Jansen F.E., Boersma M., Bruining H. Increased power of resting-state gamma oscillations in autism spectrum disorder detected by routine electroencephalography. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci* 2015; 265(6): 537–540, <https://doi.org/10.1007/s00406-014-0527-3>.
- Gurau O., Bost W.J., Newton C.R. How useful is electroencephalography in the diagnosis of autism spectrum disorders and the delineation of subtypes: a systematic review. *Front Psychiatry* 2017; 8: 121, <https://doi.org/10.3389/fpsyf.2017.00121>.
- Wang J., Barstein J., Ethridge L.E., Mosconi M.W., Takarae Y., Sweeney J.A. Resting state EEG abnormalities in autism spectrum disorders. *J Neurodev Disord* 2013; 5(1): 24, <https://doi.org/10.1186/1866-1955-5-24>.