

УДК 159.92

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-3-117-126

РЕАКТИВНОСТЬ ТЕТА-РИТМА ЭЭГ У ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ПОМОГАЮЩЕГО ПОВЕДЕНИЯ

Михайлова А. А., Орехова Л. С., Дягилева Ю. О., Тышко А. А., Павленко В. Б.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: anna.kulenkova@gmail.com*

В статье рассматриваются особенности тета-ритма электроэнцефалограммы у детей в раннем возрасте, проявляющих разный уровень инструментального помогающего поведения. В исследовании приняли участие 56 детей в возрасте от 16 до 42 месяцев. Уровень инструментального помогающего поведения определяли с использованием игровой методики. Производилась регистрация ЭЭГ у детей во время наблюдения за действиями экспериментатора и одновременного восприятия его речи, а также в ситуации устойчивого зрительного внимания. Анализ ЭЭГ проводили в индивидуально определенном частотном диапазоне тета-ритма. Обнаружено увеличение амплитуды тета-ритма у детей в ситуации одновременного наблюдения за действиями и восприятием речи другого человека по сравнению с ситуацией устойчивого зрительного внимания. У детей с высоким уровнем инструментального помогающего поведения реакция увеличения тета-ритма выявлена в большем числе отведений по сравнению с детьми, которым требовалось больше времени для оказания помощи экспериментатору.

Ключевые слова: инструментальное помогающее поведение, ЭЭГ, тета-ритм, дети раннего возраста.

ВВЕДЕНИЕ

Важным элементом взаимодействия между людьми является просоциальное поведение. Однако конкретная роль вклада социальных и биологических факторов в становление данного типа поведения остается неясной. Результаты некоторых исследований свидетельствуют о биологических основах просоциального поведения. Было показано, что даже человекообразные приматы (шимпанзе) способны оказывать безвозмездную помощь представителям своего вида [1]. Установлено, что дети уже в раннем возрасте способны оказывать простую инструментальную помощь нуждающимся, что является одним из элементов просоциальности [2, 3]. Стоит отметить, что детям, при этом, не требуются поощрения их действий со стороны взрослых [4, 5]. При этом оказание помощи другому человеку является сложным и многоступенчатым процессом. Ребенку необходимо понять, что у другого человека есть потребность в получении помощи, определить цель конкретного действия и иметь мотивацию для оказания этой помощи. Тем не менее, было выявлено [6], что скорость, с которой дети 14–18 месяцев принимают решение оказать помощь, не коррелирует с уровнем когнитивного развития, что, по мнению авторов исследования, свидетельствует о

наличии врожденного стремления оказывать помощь нуждающимся. Стоит отметить, что не все люди склонны к оказанию помощи другим. На это могут влиять ряд факторов: социальные (особенности воспитания, социальных норм и культуры той страны, в которой проживает человек) [7, 8]; уровень достатка индивида [9]; наличие схожести между помогающим и получающим помощь (человек чаще помогает, если тот, кому нужна помощь принадлежит к той же группе, что и он сам (расовой, социальной, религиозной и т. д.) [10]. Кроме того, склонность к просоциальному поведению может быть связана с выработкой определенных медиаторов, являющихся важным элементом работы ЦНС, и, как предполагается, такая медиаторная специфичность будет отражаться в показателях электрической активности головного мозга [11, 12]. Важную роль в данной области исследований играет электроэнцефалография – не инвазивный метод, применимый для изучения ритмической активности мозга у младенцев и детей раннего возраста [13]. Частотные компоненты электроэнцефалограммы (ЭЭГ) отражают активацию или торможение различных зон мозга и реализацию функций, выполняемых ими [14]. У детей в раннем возрасте доминирующим типом суммарной электрической активности мозга является тета-ритм [14]. Традиционно тета-ритм связывают как с обработкой эмоциональных стимулов, так и с процессами запоминания (консолидация информации при переходе из краткосрочной памяти в долгосрочную) [15] что, как предполагается, отражается в изменении активности в лобных и височных зонах коры [16]. Следует отметить, что при анализе ЭЭГ у маленьких детей необходимо учитывать индивидуальные диапазоны ритмов, которые могут значительно отличаться от стандартных [17].

Показано, что у детей уровень помогающего поведения может быть связан с характеристиками ЭЭГ. Выявлено, что у детей с высоким уровнем помогающего поведения наблюдалось увеличение показателей асимметрии альфа-ритма в правом полушарии [18]. Ранее нами была выявлена связь между уровнем инструментального помогающего поведения (УИПП) и мощностью альфа- и гамма-ритмов ЭЭГ, зарегистрированных в ситуации устойчивого зрительного внимания [19]. При этом особый интерес вызывают особенности реактивности ритмов ЭЭГ, зарегистрированной до момента оказания помощи ребенком. Поскольку при наблюдении за действиями экспериментатора и одновременном восприятием его речи, понимание ребенком ситуации могло влиять на дальнейшее принятие решения об оказании помощи.

В связи с вышеизложенным, целью данной работы явился анализ реактивности ЭЭГ в индивидуально определенном диапазоне тета-ритма при одновременном наблюдении за действиями другого человека и восприятием его речи до момента предъявления задачи по оказанию помощи у детей раннего возраста с разным УИПП.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 56 детей в возрасте от 16 до 42 месяцев. Средний возраст составил $31 \pm 0,8$ месяцев. Критериями включения в группу для

исследования были: вес при рождении не менее 2,5 кг, отсутствие хронических заболеваний нервной системы, рисование правой рукой.

Для оценки уровня инструментального помогающего поведения использовалась методика F. Warneken, M. Tomasello с изменениями, необходимыми для проведения теста с детьми раннего возраста. Перед ребенком размещали небольшую деревянную коробку с небольшим отверстием на верхней грани и полностью отсутствующей гранью, направленной к ребенку. Таким образом, достать предмет из коробки мог только ребенок. Наблюдаемая ребенком ситуация с применением метода воображаемой игры развивалась следующим образом: экспериментатор произносил фразу «Я буду пить чай, у меня есть ложка, чашка и я буду мешать сахар», ставил чашку с ложкой на коробку и начинал мешать ложкой «чай» в чашке. Затем исследователь «случайно» ронял ложку в отверстие на верхней грани коробки. От ребенка требовалось отреагировать на данный стимул (оказать помощь) за максимально короткий промежуток времени. Примерно после 9–13 секунд исследователь произносил фразу «У меня упала ложка». Производилась регистрация времени, необходимого для оказания помощи ребенком. Уровень выраженности инструментального помогающего поведения оценивали исходя из скорости реакции ребенка. Затем секунды переводили в баллы: 9 баллов – ребенок отдает ложку через 0.1–5.9 с; 8 баллов – 6.0–12.9 с, 7 баллов – 13.0–19.9 с, 6 бал. – 20.0–26.9 с, 5 бал. – 27.0–33.9 с, 4 бал. – 34.0–40.9 с, 3 балла – 41.0–47.9 с, 2 балла – 48.0–54.9 с, 1 бал – 55.0–60.0 с. Ребенок получал 0 баллов, если вообще не отдавал ложку. Остальные подробности методики описаны ранее [19].

Регистрацию ЭЭГ проводили с помощью автоматизированного комплекса, состоящего из электроэнцефалографа «Мицар» (Санкт-Петербург) и персонального компьютера. Биопотенциалы регистрировали хлорсеребряными электродами монополярно в соответствии с международной системой «10-20». Полоса пропускания сигнала при регистрации составляла 0,5–30,0 Гц, частота дискретизации – 250 Гц. Синхронно с записью ЭЭГ велась запись звука и видеорегистрация лица и рук ребенка. Для обработки данных использовали компьютерную программу «WinEEG», позволяющую применять спектральный анализ и метод независимых компонент.

Участки записей ЭЭГ содержащие большое количество артефактов, исключались из обработки. Для коррекции незначительных артефактов применяли метод независимых компонент. Для обработки брали полученные безартефактные отрезки ЭЭГ, которые разбивали на эпохи по 2,5 с. Фрагменты ЭЭГ подвергались быстрому преобразованию Фурье с перекрытием 50 %. Верхнюю границу тета-ритма выявляли индивидуально для каждого ребенка в тесте «Восприятие и повторение действия» [20] (в данной статье результаты этого теста не анализировались). Частотный диапазон, в котором наблюдалось снижение амплитуды в отведении СЗ при выполнении ребенком действий принимали за индивидуальный диапазон мю-ритма (подробнее см. [17]), а значение частоты, ниже которой наблюдалось повышение амплитуды в данном локусе, – за верхнюю границу тета-ритма. В качестве нижней границы частотного диапазона тета-ритма на основании ЭЭГ-исследования детей раннего возраста [21] принималось значение

3 Гц. Для анализа тета-ритма ЭЭГ рассчитывали его амплитуду, которую подвергали логарифмированию для нормализации распределения ($\ln \mu\text{В}$).

Регистрация ЭЭГ осуществлялась в следующих экспериментальных ситуациях:

1. Устойчивое зрительное внимание (УЗВ, фоновая ситуация) – ребенку с экрана монитора показывали видеозапись вращающегося мяча (продолжительность записи 20–30 с).

2. Тест на инструментальное помогающее поведение (см. выше). Данная ситуация включала 2 этапа: наблюдение за действиями и восприятие речи экспериментатора до момента падения ложки (ситуация ПП1); при непосредственном оказании помощи ребенком экспериментатору (ситуация ПП2 – не рассматривается в данной статье).

Результаты измерений графически представляли, в виде показателей средних значений \pm ошибка среднего. Для статистической обработки данных применяли repeated measures ANOVA с факторами СИТУАЦИЯ (2 уровня: ПП1 и Фон), ЛОКУС (19 отведений), ГРУППА (2 уровня: низкий и высокий УИПП). Для расчета статистической значимости изменений тета-ритма отдельно в каждом из отведений использовался метод априорных контрастов (оценка F-распределения).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для анализа характеристик тета-ритма ЭЭГ в зависимости от уровня инструментального помогающего поведения исследуемые дети были отнесены к двум группам в зависимости от времени оказания ими инструментальной помощи. Группу детей с низким УИПП составили 18 детей, которые проявляли инструментальную помощь после речевой подсказки «У меня упала ложка», или не проявляли ее вовсе, то есть дети, которые набрали от 0 до 7 баллов. Группу с высоким УИПП составили 38 детей, которые подавали ложку в первые 10 секунд после ее падения, то есть дети, набравшие 8 или 9 баллов. Возраст детей в обеих группах значимо не отличался ($t = 0,05$, $p = 0,96$).

Дисперсионный анализ для повторяющихся измерений позволил выявить особенности реактивности показателей ЭЭГ в частотном диапазоне тета-ритма в ситуации ПП1 относительно фоновой ситуации (УЗВ). Влияние факторов СИТУАЦИЯ, ГРУППА, ЛОКУС, а также взаимодействия указанных факторов представлены в таблице 1.

На реактивность тета-ритма ЭЭГ при наблюдении за действиями экспериментатора и одновременном восприятии его речи в ситуации ПП1 относительно фоновой ситуации УЗВ выявлено значимое влияние фактора ЛОКУС и взаимодействия факторов СИТУАЦИЯ \times ЛОКУС, а также тенденция к значимому влиянию фактора СИТУАЦИЯ.

Таблица 1

Результаты дисперсионного анализа различий в амплитуде тета-ритма ЭЭГ при одновременном наблюдении за действиями экспериментатора и восприятием его речи в ситуации ПП1 относительно УЗВ (фактор СИТУАЦИЯ) у детей с разным уровнем инструментального помогающего поведения (фактор ГРУППА).

Ритм	СИТУАЦИЯ	ГРУППА	ЛОКУС	СИТУАЦИЯ × ГРУППА	СИТУАЦИЯ × ЛОКУС	СИТУАЦИЯ × ГРУППА × ЛОКУС
	$F_{1, 40};$ p	$F_{1, 40};$ p	$F_{18, 720};$ p	$F_{1, 40};$ p	$F_{1, 49};$ p	$F_{18, 720};$ p
Тета-	3,59; 0,06	1,31; 0,26	5,28; < 0,001	0,72; 0,78	1,96 0,01	0,95; 0,51

Примечание: ЛОКУС – 19 отведений ЭЭГ

На рисунке 1 показано, что у детей с низким УИПП при одновременном наблюдении за действиями экспериментатора и восприятием его речи в ситуации ПП1 относительно ситуации УЗВ, амплитуда тета-ритма значительно увеличивалась в медианном теменном локусе (Pz: $p=0,04$).

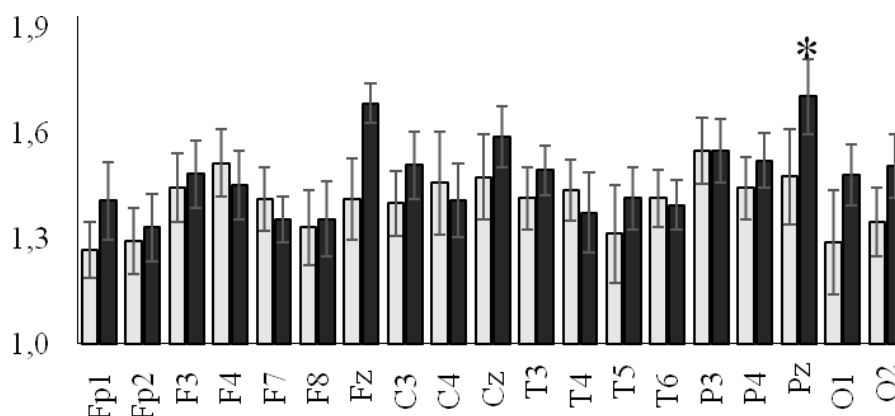


Рис. 1. Амплитуда (ln mkV) тета-ритма ЭЭГ у детей с низким уровнем инструментального помогающего поведения в ситуации устойчивого зрительного внимания (серые столбцы) при одновременном наблюдении за действиями экспериментатора и восприятием его речи в ситуации ПП1 (черные столбцы). Звездочкой отмечен случай достоверных различий, выявленный методом априорных контрастов (* – $p < 0,05$).

У детей с высоким УИПП статистически значимое увеличение амплитуды тета-ритма выявлено в пяти отведениях (Fp1: $p=0,03$; Fp2: $p=0,01$; P4: $p=0,007$; O1: $p=0,02$; O2: $p=0,001$) (рис. 2).

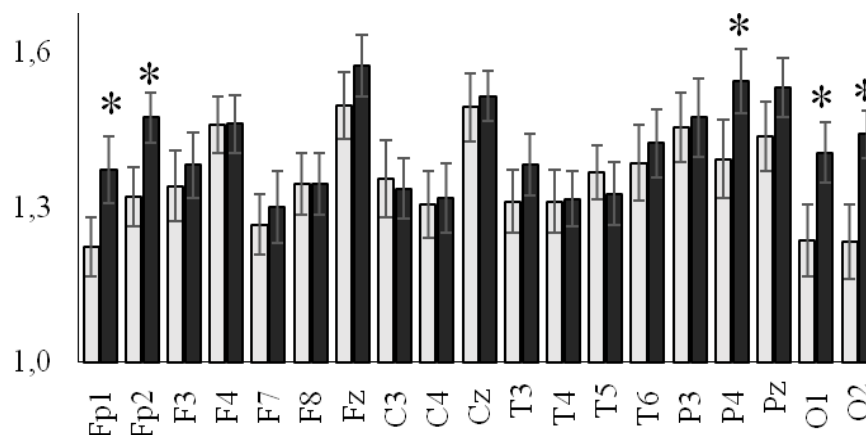


Рис. 2. Амплитуда (ln мкВ) тета-ритма ЭЭГ у детей с высоким уровнем инструментального помогающего поведения в ситуации устойчивого зрительного внимания (серые столбцы) и при одновременном наблюдении за действиями экспериментатора и восприятии его речи в ситуации ПП1 (черные столбцы). Звездочками отмечены случаи достоверных различий, выявленные методом априорных контрастов (* – $p < 0,05$).

Обнаруженное увеличение тета-ритма в экспериментальной ситуации, вероятно свидетельствует об эмоциональной вовлеченности ребенка в игровой процесс. Кроме того, рост амплитуды тета-ритма в диапазоне 3,6–5,6 Гц ранее был выявлен другими авторами при обращенной к ребенку речи [22]. Можно предположить, что обнаруженный нами рост тета-ритма в ситуации наблюдения ребенком за действиями экспериментатора, предшествующими задаче оказания помощи, связан с нагрузкой на ресурсы памяти. Социальная ситуация с применением метода воображаемой игры, во время которой экспериментатор произносил фразу «Я буду пить чай, у меня есть ложка, чашка и я буду мешать сахар» могла сопровождаться распознаванием ребенком не только действий, но и речи экспериментатора. Так, в работе М. Bastiaansen и Р. Nagoort, представлен обзор литературы, в котором рассматривались изменения паттернов ЭЭГ время выполнения задач на понимание родного языка. Авторы делают вывод о том, что операции извлечения лексической информации (например, фонологической, синтаксической и семантической) из долговременной памяти в основном сопровождаются усиленной нейрональной синхронизацией в частотном диапазоне тета-ритма [23].

Несмотря на отсутствие значимого влияния фактора ГРУППА, результаты анализа показали, что у детей с высоким УИПП повышение тета-ритма

происходило в большем числе отведений по сравнению с детьми с низким УИПП. Вероятно, дети проявившие более высокий УИПП, лучше понимали действия и речь экспериментатора, легче вовлекались в экспериментальную ситуацию, предшествующую задаче оказания помощи и в связи с этим быстрее оказывали инструментальную помощь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выявлен рост амплитуды тета-ритма электроэнцефалограммы, зарегистрированной при одновременном наблюдении за действиями другого человека и восприятии его речи у детей с разным уровнем выраженности инструментального помогающего поведения.
2. У детей с высоким уровнем инструментального помогающего поведения рост амплитуды тета-ритма в ситуации наблюдения за действиями экспериментатора выявлен в большем числе отведений, по сравнению с детьми с низкой выраженностью помогающего поведения.
3. Выдвинуто предположение, что у детей раннего возраста уровень развития просоциального поведения связан с пониманием действий, речи, и эмоциональной вовлеченности при взаимодействии с другими людьми.

Исследование выполнено при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук № МК-730.2020.6.

Список литературы

1. Jaasma L. The exceptions that prove the rule? Spontaneous helping behaviour towards humans in some domestic dogs / L. Jaasma, I. Kamm, A. Ploeger [et al.] // Applied Animal Behaviour Science. – 2020. – Vol. 224. – 104941: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.104941>
2. Melis A. P. The evolutionary roots of prosociality: the case of instrumental helping / A. P. Melis // Current Opinion in Psychology. – 2018. – Vol. 20. – P. 82–86.
3. Hur Y.-M. Relationships between cognitive abilities and prosocial behavior are entirely explained by shared genetic influences: A Nigerian twin study / Hur Y.-M. // Intelligence. – 2020 – Vol. 82. – 101483: <https://doi.org/10.1016/j.intell.2020.101483>
4. Warneken F. Helping and cooperation at 14 months of age / F. Warneken, M. Tomasello // Infancy. – 2007. – Vol. 11(3). – P. 271–294.
5. Brownell C. A. To share or not to share: when do toddlers respond to another's needs? / C. A. Brownell, M. Svetlova, S. Nichols // Infancy – 2009. – Vol. 14(1). – P. 117–130.
6. Grossmann T. Helping, fast and slow: Exploring intuitive cooperation in early ontogeny / T. Grossmann, M. Missana, A. Vaish // Cognition. – 2020. – Vol. 196. – 104144: <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2019.104144>
7. Olson K. R. Foundations of cooperation in preschool children / K. R. Olson, E. S. Spelke // Cognition. – 2008. – Vol. 108. – P. 222–231.
8. Hay D. F. The transformation of prosocial behavior from infancy to childhood / D. F. Hay, K. V. Cook // In: Brownell C. A. and Kopp C. B. [eds.]. Socioemotional Development in the Toddler Years: Transitions and Transformations, New York: Guilford Press. – 2007. – P. 100–131
9. Olson J. G. How income shapes moral judgments of prosocial behavior / J. G. Olson, B. McFerran, A. C. Morales [et al.] // International Journal of Research in Marketing. – 2020. – [Available online: <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2020.07.001>]

10. Rieccansky I. Beta oscillations reveal ethnicity ingroup bias in sensorimotor resonance to pain of others / I. Rieccansky, N. Paul, S. Köhlble [et al.] // *SCAN* – 2015. – Vol. 10(7). – P. 893–901.
11. Knafo-Noam A. Genetic and environmental contributions to children's prosocial behavior: brief review and new evidence from a reanalysis of experimental twin data / A. Knafo-Noam, D. Vertsberger, S. Israel // *Current Opinion in Psychology*. – 2018. – Vol. 20. – P. 60–65.
12. Van der Meulen M. Genetic and environmental influences on structure of the social brain in childhood / M. van der Meulen, L. M. Wierenga, M. Achterberg [et al.] // *Developmental Cognitive Neuroscience*. – 2020. – Vol. 44. – 100782: <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2020.100782>
13. Assenza G. A useful electroencephalography (EEG) marker of brain plasticity: delta waves / G. Assenza, V. Di Lazzaro // *Neural Regen. Res.* – 2015. – Vol. 10(8). – P. 1216–1217.
14. Braithwaite E. K. Dynamic modulation of frontal theta power predicts cognitive ability in infancy / E. K. Braithwaite, E. J. H. Jones, M. H. Johnson [et al.] // *Developmental Cognitive Neuroscience*. – 2020. – Vol. 45. – 100818: <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2020.100818>
15. Karakaş S. A. review of theta oscillation and its functional correlates / S. A. Karakaş // *International Journal of Psychophysiology*. – 2020. [Available online: <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.04.008>]
16. Lega B. C. Human hippocampal theta oscillations and the formation of episodic memories / B. C. Lega, J. Jacobs, M. Kahana // *Hippocampus*. – 2012. – Vol. 22(4). – P. 748–761.
17. Белалов В. В. Реактивность мю-ритма ЭЭГ при восприятии речи у детей в возрасте от двух до трех с половиной лет: влияние условий воспитания / В. В. Белалов, О. М. Базанова, А. А. Михайлова [и др.] // *Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова*. – 2020. – Т. 70(2). – С. 193–205.
18. Paulus M. Neural correlates of prosocial behavior in infancy: Different neurophysiological mechanisms support the emergence of helping and comforting / M. Paulus, N. Kühn-Popp, M. Licata [et al.] // *NeuroImage Volume*. – 2013. – Vol. 66(1). – P. 522–530.
19. Дягилева Ю. О. Связь выраженности помогающего поведения с уровнем развития и параметрами фоновой ЭЭГ ребенка / Ю. О. Дягилева, В. В. Белалов, А. А. Куленкова, А. П. Зайцева, Ф. Н. Кийк, В. Б. Павленко // *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского Серия «Биология, химия»* – 2013 – Т. 26(65), № 4. – С. 30–38.
20. Nyström P. Using mu rhythm desynchronization to measure mirror neuron activity in infants / P. Nyström, T. Ljunghammar, K. Rosander [et al.] // *Dev. Sci.* – 2011. – Vol. 14(2). – P. 327–335.
21. Marshall P. J. The Bucharest Early Intervention Project core group. A comparison of the electroencephalogram between institutionalized and community children in Romania / P. J. Marshall, N. A. Fox // *J. Cognitive Neurosci.* – 2004. – Vol. 16(8). – P. 1327–1338.
22. Orekhova E. V. EEG theta rhythm in infants and preschool children / E. V. Orekhova, T. A. Stroganova, I. N. Posikera [et al.] // *Clin. Neurophysiol.* – 2006. – Vol. 117(5). – P. 1047–1062.
23. Bastiaansen M. Oscillatory neuronal dynamics during language comprehension / M. Bastiaansen, P. Hagoort // *Prog. Brain. Res.* – 2006. – Vol. 159. – P. 179–196.

EEG THETA RHYTHM REACTIVITY IN EARLY CHILDHOOD WITH DIFFERENT LEVEL OF HELPING BEHAVIOR

Mikhailova A. A., Orekhova L. S., Dyagileva Y. O., Tyshko A. A., Pavlenko V. B.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: anna.kulenkova@gmail.com*

The article discusses the methodology for assessing instrumental helping behavior in early childhood. The study involved 56 children aged 16 to 42 months. The average age was 31 ± 0.8 months. The level of instrumental helping behavior (LHB) was assessed using the Warneken and Tomasello test, in which the child needed to provide simple instrumental assistance to the experimenter who could not reach the fallen spoon. Points

from 0 to 9 (0 – if the child did not give the item, 9 – if the item was given quickly) were assigned based on the time it took the child to provide assistance: 9p – the spoon is returned in 0.1–5.9 s; 8p. – 6.0–12.9 s, 7p. – 13.0–19.9 s, 6p. – 20.0–26.9 s, 5p. – 27.0–33.9s, 4p. – 34.0–40.9 s, 3 p. – 41.0–47.9 s, 2 p – 48.0–54.9 s, 1p. – 55.0–60.0 s. The group of children with low LHB included 18 people, the group with high LHB – 38.

EEG was recorded in the following situations: the eye-opened resting state (the child watched a rotating colored ball on the monitor screen); as well as the child's observation of the experimenter's social action prior to helping him. The frequency range of the theta rhythm was determined individually, based on the frequency boundaries of the child's individual mu rhythm. ANOVA was used for further statistical analysis of the reactivity of the theta rhythm amplitude in eye-opened resting state and observation of social action. Statistical analysis showed that children with low LHB showed lesser changes in theta rhythm during observation of social action in comparison with baseline values, i.e. the interaction of the SITUATION \times LOCUS factors was observed, as well as a significant influence of the LOCUS factor. Post hoc test showed that the changes were correct for the Pz locus ($p = 0.04$). In children with high LHB, an increase in the amplitude of theta rhythm was found in loci Fp1 ($p = 0.03$), Fp2 ($p = 0.01$), P4 ($p = 0.007$), O1 ($p = 0.02$), O2 ($p = 0.001$). We assume that a larger activation of the theta rhythm may indicate the processing of observed emotionally significant information by children, as well as the processes of memory consolidation (children may have tried to recall their previous experience in a similar situation in the past). Consequently, the less time it took for the child to provide simple instrumental help, the more effectively they were involved in the observed situation and the better they understood the need for help from another person.

Keywords: instrumental helping, EEG, theta-rhythm, early childhood.

References

1. Jaasma L., Kamm I., Ploeger A., Kret M. E. The exceptions that prove the rule? Spontaneous helping behaviour towards humans in some domestic dogs, *Applied Animal Behaviour Science*, **224**, 104941 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.104941>
2. Melis A. P. The evolutionary roots of prosociality: the case of instrumental helping, *Current Opinion in Psychology*, **20**, 82 (2018).
3. Hur Y.-M. Relationships between cognitive abilities and prosocial behavior are entirely explained by shared genetic influences: A Nigerian twin study, *Intelligence*, **82**, 101483 (2020) <https://doi.org/10.1016/j.intell.2020.101483>
4. Warneken F., Tomasello M. Helping and cooperation at 14 months of age, *Infancy*, **11**(3), 271 (2007).
5. Brownell C. A., Svetlova M., Nichols S. To share or not to share: when do toddlers respond to another's needs? *Infancy*, **14**(1), 117 (2009)
6. Grossmann T., Missana M., Vaish A. Helping, fast and slow: Exploring intuitive cooperation in early ontogeny, *Cognition*, **196**, 104144 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2019.104144>
7. Olson K. R., Spelke E. S. Foundations of cooperation in preschool children. *Cognition*, **108**, 222 (2008).
8. Hay D. F., Cook K. V. The transformation of prosocial behavior from infancy to childhood. In: Brownell C. A. and Kopp C. B. [eds.], *Socioemotional Development in the Toddler Years: Transitions and Transformations*, New York: Guilford Press, 100 (2007).
9. Olson J. G., McFerran B., Morales A. C., Dahl W. D. How income shapes moral judgments of prosocial behavior, *International Journal of Research in Marketing*, (2020). [Available online: <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2020.07.001>]

10. Rieccansky I., Paul N., Kölbl S., Stiger S., Lamm C. Beta oscillations reveal ethnicity ingroup bias in sensorimotor resonance to pain of others, *Soc Cogn Affect Neurosci*, **10**(7), 893 (2015). <https://doi.org/10.1093/scan/nsu139>
11. Knafo-Noam A., Vertsberger D., Israel S. Genetic and environmental contributions to children's prosocial behavior: brief review and new evidence from a reanalysis of experimental twin data, *Current Opinion in Psychology*, **20**, 60 (2018).
12. Van der Meulen M., Wierenga L. M., Achterberg M., Drenth N., Van Ijzendoorn M. H., Crone E. A. Genetic and environmental influences on structure of the social brain in childhood, *Developmental Cognitive Neuroscience*, **44**, 100782 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2020.100782>
13. Assenza G., Di Lazzaro V. A useful electroencephalography (EEG) marker of brain plasticity: delta waves, *Neural Regen. Res*, **10**(8), 1216 (2015).
14. Braithwaite E. K., Jones E. J. H., Johnson M. H., Holmboe K. Dynamic modulation of frontal theta power predicts cognitive ability in infancy, *Developmental Cognitive Neuroscience*, **45**, 100818 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2020.100818>
15. Karakaş S. A. review of theta oscillation and its functional correlates, *International Journal of Psychophysiology*, (2020). [Available online: <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.04.008>]
16. Lega B. C., Jacobs J., Kahana M. Human hippocampal theta oscillations and the formation of episodic memories, *Hippocampus*, **22**(4), 748 (2012).
17. Belalov V. V., Bazanova O. M., Mikhailova A. A., Dyagileva Yu. O., Pavlenko V. B. EEG mu rhythm reactivity during speech perception in children aged from two to three years: influence of rearing conditions, *Zhurnal vysshei nervnoi deyatel'nosti imeni I. P. Pavlova*, **70**(2), 193 (2020).
18. Paulus M., Kühn-Popp N., Licata M., Sodian B., Meinhardt J. Neural correlates of prosocial behavior in infancy: Different neurophysiological mechanisms support the emergence of helping and comforting, *NeuroImage Volume*, **66**(1), 522 (2013).
19. Diaghileva Y. O., Belalov V. V., Kilenkova A. A., Zaitseva A. P., Kiyk F. N., Pavlenko V. B. The relation of severity of helping behavior with the level of development and the parameters of child EEG, *Scientific notes of V.I. Vernadsky crimean federal university. Biology. Chemistry*, **6**(72), 30 (2013).
20. Nyström P., Ljunghammar T., Rosander K., Von Hofsten C. Using mu rhythm desynchronization to measure mirror neuron activity in infants, *Dev. Sci.*, **14**(2), 327 (2011).
21. Marshall P. J., Fox N. A. The Bucharest Early Intervention Project core group. A comparison of the electroencephalogram between institutionalized and community children in Romania, *J. Cognitive Neurosci.*, **16**(8), 1327 (2004).
22. Orekhova E. V., Stroganova T. A., Posikera I. N., Elam M. EEG theta rhythm in infants and preschool children, *Clin. Neurophysiol.*, **117**(5), 1047 (2006).
23. Bastiaansen M., Hagoort P. Oscillatory neuronal dynamics during language comprehension, *Prog. Brain. Res.*, **159**, 179 (2006).