

ЭЭГ реакции при распознавании оценочных предложений про себя и других у подростков в сравнении со взрослыми

Злая С.^{1*}, Сапрыгин А.^{2,3}, Лебедин Д.^{1,3}, Степанова В.⁴, Савостьянов А.^{1,2,3}

¹ Новосибирский государственный университет, Гуманитарный институт, Новосибирск, Россия

² Научно-исследовательский институт нейронаук и медицины, Новосибирск, Россия

³ Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

⁴ Областной центр информационных технологий, Новосибирск, Россия

* s.zlaya@g.nsu.ru

Ключевые слова: самореференция; ЭЭГ; вызванные потенциалы головного мозга; семантическое и грамматическое распознавание речи

Мотивация и цель: Под самореференцией понимается отнесение человеком какой-либо информации к самому себе [1]. Самоотнесенные высказывания человек воспринимает как сообщения о нем самом, в противоположность к высказываниям о других людях или вещах. Исследование процессов, связанных с распознаванием информации о себе и других людях, вызывает большой интерес у широкого круга специалистов, включая психологов, нейрофизиологов и лингвистов. Актуальность данной темы связана с решением фундаментальных вопросов о нейрофизиологических механизмах формирования человеческой личности. Кроме того, самореферентные процессы могут быть нарушены при разных психических заболеваниях [2]. Ранее было показано, что анализ ЭЭГ реакций, регистрируемых в условиях распознавания письменных предложений про себя и других людей, позволяет исследовать нейрофизиологические механизмы, лежащие в основе самореференции [3]. В нашем новом исследовании мы проверяем гипотезу, что особенности распознавания самоотнесенной информации могут в существенной степени зависеть от возраста обследуемых людей. В частности, можно предположить, что у подростков при распознавании самоотнесенных письменных предложений могут быть задействованы другие, по сравнению со взрослыми, области коры головного мозга, и, соответственно, нейрофизиологические процессы, лежащие в основе самореференции, отличаются между подростками и взрослыми.

Цель: Изучить и сравнить реакции здоровых людей разного возраста на самоотнесенные и не самоотнесенные эмоционально окрашенные и не окрашенные предложения. На основании полученных данных сформировать вывод об участии различных мозговых структур в обработке самоотнесенной информации у взрослых и подростков.

Методы и алгоритмы: 1. *Участники.* В эксперименте было обследовано 20 школьников в возрасте от 12 до 14 лет и 20 студентов в возрасте от 18 до 24 лет. Все студенты подписывали согласие на участие в обследовании лично, за подростков согласие давали их родители. 2. *Экспериментальное задание.* Каждому участнику в случайном порядке предъявлялось 144 письменных предложения на русском языке, половина из которых содержала грамматическую ошибку. Задачей участника было определить, является ли предложение грамматически правильным или нет. Кроме того, все предложения относились к одной из шести семантических

групп, о чем участнику обследования не сообщалось. Предложения содержали: 1) нейтральную оценку самого участника, 2) негативную оценку самого участника, 3) положительную оценку самого участника, 4) нейтральную оценку других людей, 5) негативную оценку других людей, 6) положительную оценку других людей. 3. *Регистрация ЭЭГ.* ЭЭГ с расстановкой меток событий записывалась по 128 каналам, расположенным по международной схеме 5–10 %, при помощи усилителя NVX-136, Россия. Артефакты удалялись при помощи анализа независимых компонент (ICA). В качестве показателей мозговой активности, ассоциированных с распознаванием предложений, были выбраны амплитуды пиков вызванных потенциалов P300 и N400.

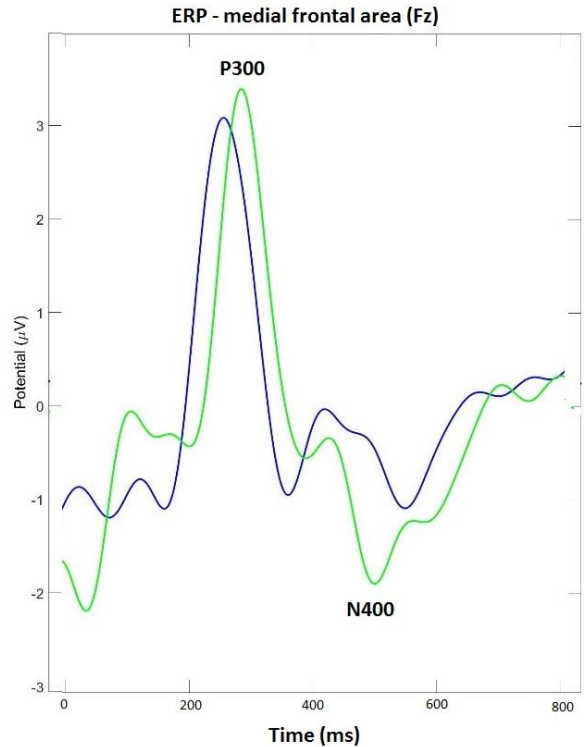


Рис. 1. График амплитудно-временной зависимости событийных потенциалов (пики P300 и N400) у взрослых (синяя линия) и подростков (зеленая линия)

Результаты: На амплитудно-временном графике вызванных потенциалов были идентифицированы пики P300 и N400 (рис. 1). Пик P300 отражает уровень субъективного внимания к стимулу, а пик N400 отражает процессы семантической обработки информации. Были выявлены достоверные различия в амплитудах ERP пиков на предложения, относящиеся к разным семантическим категориям. У всех испытуемых, независимо от пола и возраста, большая амплитуда пика P300 наблюдалась на предложения про себя, чем на предложения про других людей, вне зависимости от их эмоциональной модальности. Различия в мозговых ответах между подростками и взрослыми касались в первую очередь корковой топографии ответов на самоотнесенные и несамоотнесенные предложения. У взрослых различия в ответах на разные категории предложения наблюдались в зоне Брока (левая лобно-височная область коры), а у подростков – в зоне Вернике (левая

теменно-височная область коры) (рис. 2 и 3). Кроме того, у подростков наибольшая амплитуда для всех рассмотренных пиков наблюдалась на эмоционально положительные предложения про самого себя, а у взрослых – на отрицательно окрашенные предложения о других людях.

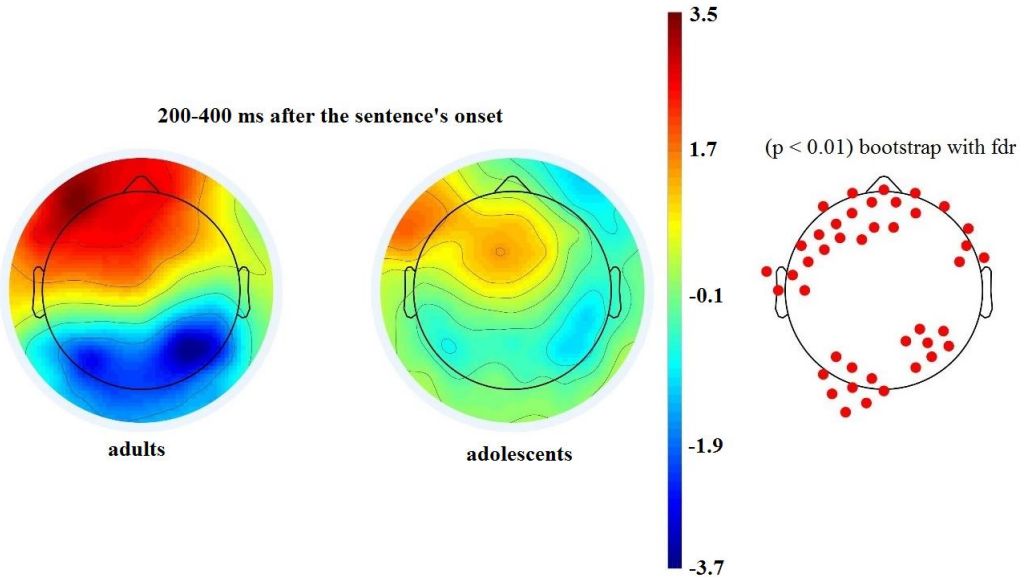


Рис. 2. Кортикальное распределение пиковой амплитуды Р300 в течение 200–300 мс по поверхности коры у взрослых (слева) и подростков (справа)

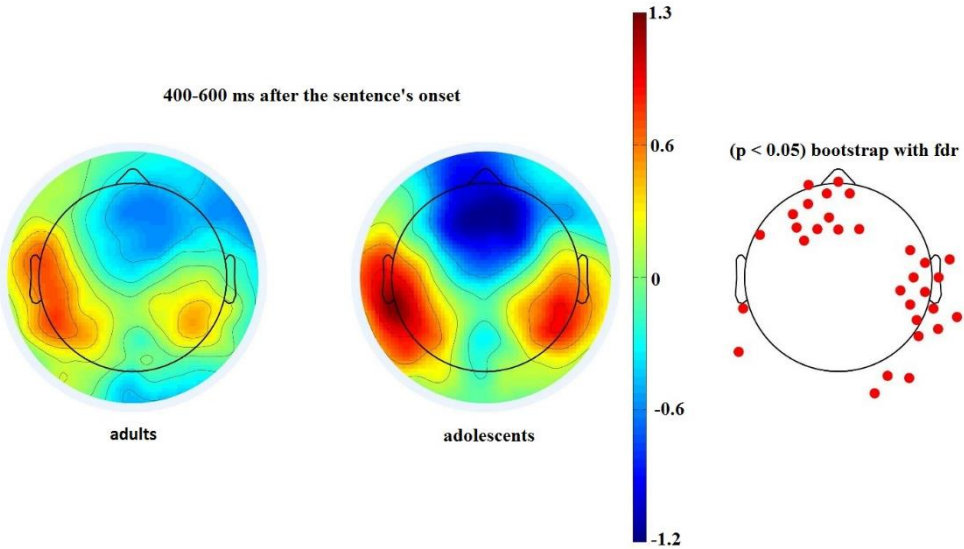


Рис. 3. Кортикальное распределение пиковой амплитуды N400 в интервале 400–600 мс по поверхности коры у взрослых (слева) и подростков (справа)

Выводы: Вызванные потенциалы головного мозга в условиях поиска грамматической ошибки в письменных предложениях про самого себя и других людей отражают возрастные особенности распознавания личностно окрашенной эмоциональной информации. Можно предположить, что различия между подростками и взрослыми касаются разной пропорциональной отнесенности между распознаванием синтаксических и семантических характеристик речи, что на ERP отражено в сдвиге максимальной амплитуды пиков от зоны Вернике у подростков, к зоне Брока – у взрослых.

Финансирование: Исследование поддержано за счет средств гранта РНФ № 22-15-00142 «фМРТ и ЭЭГ корреляты фокуса внимания на собственной персоне как фактора предрасположенности к аффективным расстройствам». Работа А.Е. Сапрыгина и А.Н. Савостьянова по разработке методик анализа нейрофизиологических данных финансировалась из средств бюджетного проекта ИЦиГ СО РАН № FWNR-2022-0020.

EEG reactions in recognizing evaluative sentences about oneself and others in adolescents compared to adults

Zlaya S.^{1*}, Saprigyn A.^{2, 3}, Lebedkin D.^{1, 3}, Stepanova V.⁴, Savostyanov A.^{1, 2, 3}

¹ Novosibirsk State University, Humanities Institute, Novosibirsk, Russia

² Scientific Research Institute of Neurosciences and Medicine, Novosibirsk, Russia

³ Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia

⁴ Regional Information Technology Cenetr, Novosibirsk, Russia

* s.zlaya@g.nsu.ru

Key words: self-reference; EEG; evoked brain potentials; semantic and grammatical speech recognition; self- and non-self-relational sentences

Motivation and Aim: Self-reference refers to a person's attribution of any information to himself/herself [1]. A person perceives self-relational statements as messages about himself, as opposed to statements about other people or things. The study of processes related to the recognition of information about oneself and other people is of great interest to a wide range of specialists, including psychologists, neurophysiologists and linguists. The relevance of this topic is related to solving fundamental questions about the neurophysiological mechanisms of human personality formation. In addition, self-relational processes can be disrupted in various mental illnesses [2]. Previously, it was shown that the analysis of EEG reactions recorded in the conditions of recognition of written sentences about oneself and other people makes it possible to investigate the neurophysiological mechanisms underlying self-reference [3]. In our new investigation, we test the hypothesis that the features of recognizing self-relational information may significantly depend on the age of the people being investigated. Particularly, it can be assumed that in adolescents, when recognizing self-relational written sentences, other cortical zones may be involved, compared with adults, and accordingly, the neurophysiological processes underlying self-reference differ between adolescents and adults.

Purpose: To study and compare the reactions of healthy people of different ages to self-relational and non-self-relational emotionally colored and non-colored sentences. Based

on the data obtained, to form a conclusion about the participation of various brain structures in the processing of self-referential information in adults and adolescents.

Methods and Algorithms: 1. *Participants.* In the experiment, 20 schoolchildren aged 12 to 14 years and 20 students aged 18 to 24 years were investigated. All students signed consent to participate in the survey personally, and their parents gave consent for the adolescents. 2. *An experimental task.* Each participant was randomly presented with 144 written sentences in Russian, half of which contained a grammatical error. The participant's task was to determine whether the sentence was grammatically correct or not. In addition, all the sentences belonged to one of the six semantic groups, which was not reported to the survey participant. The proposals contained (1) a neutral assessment of the participant himself, (2) a negative assessment of the participant himself, (3) a positive assessment of the participant himself, (4) a neutral assessment of other people, (5) a negative assessment of other people, (6) a positive assessment of other people. 3. *EEG registration.* The event-related EEG was recorded over 128 channels arranged according to the international 5–10 % scheme using an NVX-136 amplifier, Russia. Artifacts were removed using Independent Component Analysis (ICA). The peak amplitudes of the event-related potentials P300 and N400 were selected as indicators of brain activity associated with sentence recognition.

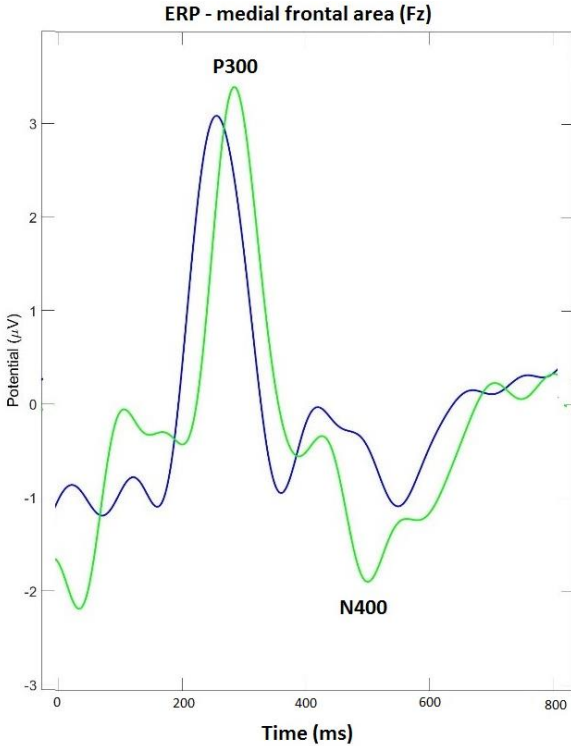


Fig. 1. The amplitude-time plot of event-related potentials (peaks P300 and N400) in adults (blue line) and adolescents (green line)

Results: Peaks P300 and N400 were identified on the amplitude-time plot of ERPs (Fig. 1). The peak of P300 reflects the level of subjective attention to the stimulus, the peak of N400 reflects the processes of semantic information processing. Significant

differences in the amplitudes of ERP peaks for sentences belonging to different semantic categories were revealed. In all subjects, regardless of gender and age, a greater amplitude of the P300 peak was observed for sentences about oneself than for sentences about other people, regardless of their emotional modality. The differences in brain responses between adolescents and adults concerned primarily the cortical topography of responses to self-related and non-self-related sentences. In adults, differences in responses to different categories of sentences were observed in the Broca's area (left frontal-temporal cortex), and in the adolescents – in the Wernicke's area (left parietal-temporal cortex) (Fig. 2 and 3). In addition, adolescents had the highest ERP's amplitude to emotionally positive sentences about themselves, and adults had the highest amplitude of reactions to negatively colored sentences about other people.

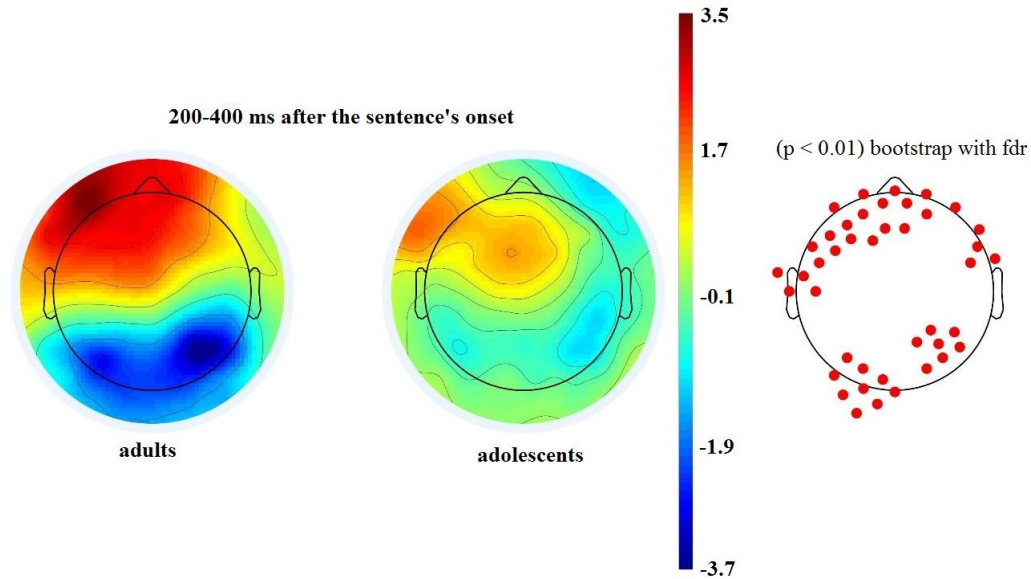


Fig. 2. The cortical distribution of peak P300 amplitude in 200–300 ms across the cortical surface for adults (left) and adolescents (right)

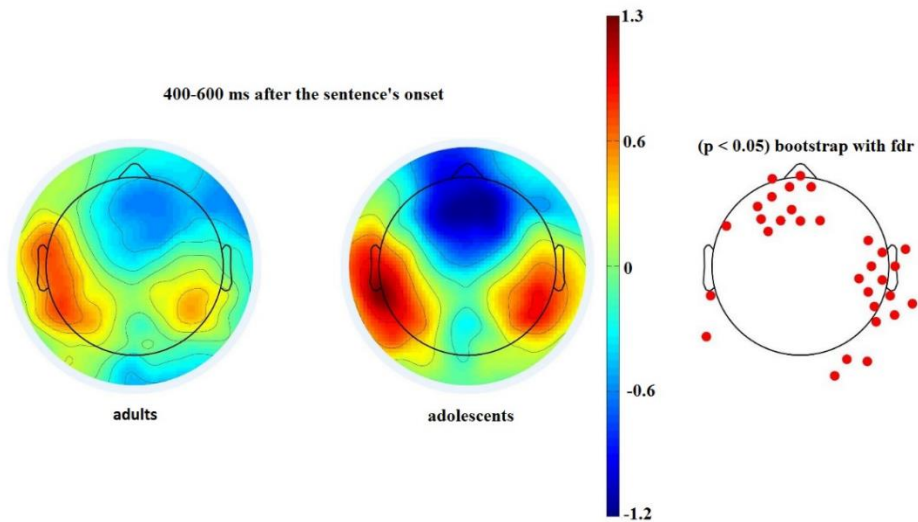


Fig. 3. The cortical distribution of peak N400 amplitude in 400–600 ms across the cortical surface for adults (left) and adolescents (right)

Conclusion: The brain's event-related potentials in the search for a grammatical error in written sentences about oneself and other people reflect the age-related features of recognizing personally colored emotional information. It can be assumed that the differences between adolescents and adults relate to the different proportional relationship between the recognition of syntactic and semantic characteristics of speech, which is reflected in ERP in the shift of the maximum amplitude of peaks from the Wernicke's area in adolescents to the Broca's area in adults.

Funding: The study was supported by the Russian Science Foundation Grant No. 22-15-00142 "fMRI and EEG correlates of self-focus as a factor of predisposition to affective disorders". The work of Saprigyn A.E. and Savostyanov A.N. on the development of methods for analyzing neurophysiological data was supported by the budget project of ICiG SB RAS No. FWNR-2022-0020.

Список литературы/References

1. Northoff G., Heinzel A., de Greck M. et al. Self-referential processing in our brain--a meta-analysis of imaging studies on the self. *Neuroimage*. 2006;31(1):440-57. doi 10.1016/j.neuroimage.2005.12.002
2. Knyazev G.G., Savostyanov A.N., Bocharov A.V., Kuznetsova V.B. Depressive symptoms and autobiographical memory: A pilot electroencephalography (EEG) study. *J Clin Exp Neuropsychol*. 2017;39(3):242-256. doi 10.1080/13803395.2016.1219318
3. Savostyanov A., Tamochnikov S., Bocharov A. et al. The effect of meditation on comprehension of statements about one-self and others: A pilot ERP and behavioral study. *Front Hum Neurosci*. 2020;13:437. doi 10.3389/fnhum.2019.00437