

# Механизмы внутреннего проговаривания и восприятия при разных типах внешней инициации

А. В. Вартанов<sup>1</sup> А. Р. Суюнчева<sup>2</sup> А. О. Шевченко<sup>3</sup>

Электрическая активность мозга выявлялась в задачах на восприятие и проговаривание отдельных фонем и слогов русского языка при различных условиях инициации процесса проговаривания. В качестве условий инициации было зрительное предъявление (демонстрировалась буква), аудиальное предъявление, а также аудиальное предъявление условных стимулов (слов на незнакомом испытуемым языке, ассоциированных предварительно с соответствующими фонемами). Получены ВП по группе из 25 испытуемых для восприятия и внутреннего проговаривания 7 фонем и 10 слогов для каждого из условий инициации. В результате показано, что усредненный вызванный потенциал на сигнал проговаривания фонемы и слогов зависит от способа инициализации. Это важно учитывать при разработке методов декодирования внутренней речи и автоматических классификаторов.

**Ключевые слова:** ЭЭГ, ВП, внутреннее проговаривание, слоги, фонемы, слова, условные стимулы, несуществующие слова, японский язык

**Задача исследования.** Сопоставить ВП при внутреннем проговаривании и восприятии фонем и слогов в зависимости от условий инициации.

**Метод.** Электрофизиологический эксперимент с регистрацией 19-канального ЭЭГ (по международной системе 10-20% на электроэнцефалографе фирмы Нейро КМ) состоял из 3-х серий (визуальная, аудиальная, а также инициация с использованием условных стимулов). В исследовании принимали участие 25 испытуемых: пятнадцать девушек и

---

<sup>1</sup> *Вартанов Александр Валентинович* — старший научный сотрудник каф. психофизиологии ф-та психологии МГУ, e-mail: a\_v\_vartanov@mail.ru

Vartanov Alexander Valentinovich — senior researcher, Lomonosov Moscow State University, Faculty of Psychology, Chair of Psychophysiology

<sup>2</sup> *Суюнчева Алиса Руслановна* — студент ф-та психологии МГУ, e-mail: suyuncheva.a.r@gmail.com

Suyuncheva Alisa Ruslanovna — student, Lomonosov Moscow State University, Faculty of Psychology

<sup>3</sup> *Шевченко Андрей Олегович* — аспирант ф-та психологии МГУ, e-mail: andreyshevchenkomsu@gmail.com

Shevchenko Andrey Olegovich — post-graduate student, Lomonosov Moscow State University, Faculty of Psychology

десять юношей в возрасте от 17 до 28 лет. Предварительно испытуемый заучивал ассоциации японского слова (японским языком никто не владел) с определенной фонемой. Необходимо также построить звуковой образ, но в условиях интерференции со звуковым образом условного сигнала. Испытуемый проговаривает с закрытыми глазами.

В качестве предъявляемых стимулов были выбраны семь фонем русского языка: А, Б, Ф, Г, М, Р, У. И десять слогов, составленных из этих фонем: БА, ФА, ГА, МА, РА, БУ, РУ, МУ, ФУ, ГУ. В течение 700 мс испытуемому демонстрируется визуальный либо звуковой стимул. После предъявления стимула следовала пауза — длительностью 500 мс. После паузы на экране появляется фиксационный крест и звуковой сигнал, который является стартовой командой внутреннего проговаривания (которое должно завершиться в течение 1500 мс).

**Результаты.** В результате были получены ВП на все стимулы во всех экспериментальных сериях по всем испытуемым. Анализ полученных данных проводился с помощью языка статистического программирования R (версия 3.6.3) (R Core Team, 2019) в рамках интегрированной среды разработки Rstudio. По этой причине функциональный дисперсионный анализ прекрасно подходит для вызванных потенциалов (любой ВП является кривой) и был адаптирован с целью обнаружения значимых различий в пакете ERP (Causeur, 2019). Наконец, между проговариваниями в зависимости от подачи стимула также есть значимое различие вне зависимости от типа стимула ( $p < 0.001$ ), но изменения по каналам значимы только для фонем ( $p = 0.03$ ). Здесь ситуация обратная тому, что наблюдалось до этого — относительно аудиальной подачи у визуальной наблюдается сначала негативная, а потом позитивная волна, но в среднем значимой является только позитивная волна на канале СЗ (Рисунок 1). В случае сравнения всех проговариваний с проговариванием на условный стимул в виде японских слов значимые различия опять нашлись во всех четырёх случаях ( $p < 0.001$  для всего аудиального,  $p = 0.01$  для визуальных фонем,  $p = 0.009$  для визуальных слогов), но значимое взаимодействие канала с этапом нашлось только для аудиальных слогов ( $p < 0.001$ ) (Рисунок 2, 3).

На основании полученных результатов, согласно функциональному дисперсионному анализу, все экспериментальные этапы имеют значимые различия, но при этом пространственное распределение ВП значимо различается только для аудиальных стимулов.

Также, было проведено сравнение всех вариантов инициализации с проговариванием на условный стимул в виде японских слов, значимые различия опять нашлись во всех четырёх случаях, но значимое взаимодействие канала с этапом нашлось только для аудиальных слогов.

### С3, Визуально - Аудиально

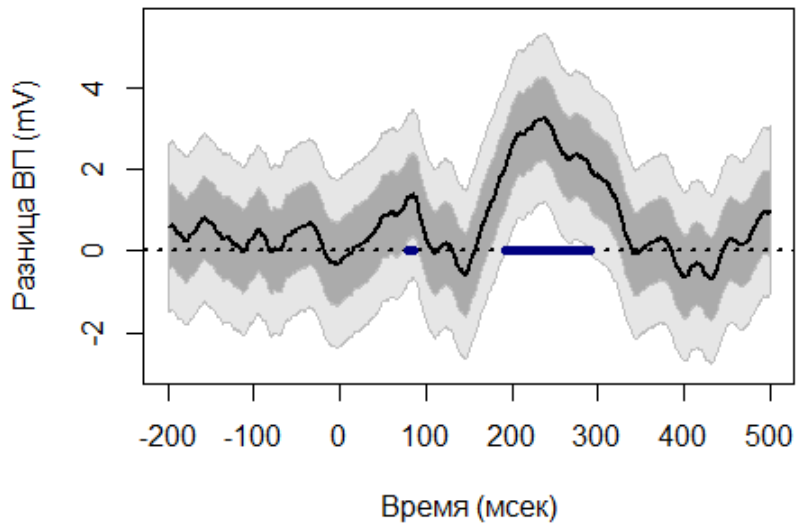


Рис. 1. Различия между вызванными потенциалами на проговаривании фонем (визуальная подача стимула минус аудиальная); регионы значимых различий помечены тёмносиним цветом.

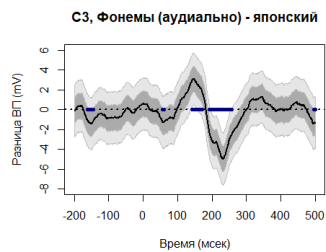


Рис. 2. Различия между вызванными потенциалами (аудиальные фонемы минус инициация условным японским стимулом); регионы значимых различий помечены тёмносиним цветом.

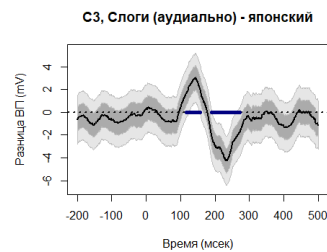


Рис. 3. Различия между вызванными потенциалами (аудиальные слоги минус инициация условным японским стимулом); регионы значимых различий помечены тёмносиним цветом.

При восприятии и проговаривании стимулов, эффекты по каналам отведения ЭЭГ зависят от того, воспринимает испытуемый стимул или проговаривает. Зависимости от того визуальной или аудиальной была подача — не выявлено. Эксперимент был построен так, что после предъявления команды стимула существовала пауза на 400 мс для того чтобы сравнить восприятие с внутренним проговариванием. Внутреннее проговаривание и восприятие было различным в каждой серии эксперимента.

При анализе результатов проговаривания слогов во всех трех случаях выраженные различия наблюдаются по каналам СЗ и FЗ, левая височная зона, что связано с расположением зон, которые отвечают за речь, что соответствует уже проделанным экспериментам по классификации и изучению процессов внутреннего проговаривания ([1, 2]). Эти различия выражаются в зависимости от того визуальным или аудиальным был стимул. При рассмотрении фонем также было выявлено отличие в зависимости от способа подачи стимула. Между проговариваниями в зависимости от подачи стимула также есть значимое различие вне зависимости от типа стимула ( $p < 0.001$ ), но изменения по каналам значимы только для фонем ( $p = 0.03$ ). В целом, эти данные поддерживают и расширяют предыдущие исследования, указывающие на влияние визуальных и аудиальных сигналов на обработку и проговаривание.

**Финансирование.** Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 20-18-00067.

## Список литературы

- [1] Mesgarani N., David V., Fritz J. B., Shamma S. A., “Influence of Context and Behavior on Stimulus Reconstruction From Neural Activity in Primary Auditory Cortex”, *Journal of Neurophysiology*, **102**:6 (2009), 3329–3339.
- [2] Martin S., Brunner P., Holdgraf C., Heinze H. G., Crone N. E., Rieger J., Schalk G., Knight R. T., Pasley B. N., “Decoding spectrotemporal features of overtand covert speech from the human cortex”, *Frontiers in Neuroengineering*, **7** (2014).

## Mechanisms of internal pronunciation and perception in different types of external initiation

Vartanov A.V., Suyuncheva A.R., Shevchevko A.O.

The electrical activity of the brain was detected in tasks on the perception and pronunciation of individual phonemes and syllables of the Russian language under various conditions of initiation of the pronunciation process. The conditions for initiation were visual presentation (a letter was shown), auditory presentation, and also auditory presentation of conditioned stimuli (words in an unfamiliar language to the subject, previously associated with the corresponding

phonemes). EPs were obtained for a group of 25 subjects for perception and internal pronunciation of 7 phonemes and 10 syllables for each of the initiation conditions. As a result, it was shown that the averaged evoked potential for the signal of pronouncing phonemes and syllables depends on the initialization method. This is important to consider when developing methods for decoding internal speech and automatic classifiers.

**Keywords:** EEG, EP, internal pronunciation, syllables, phonemes, words, conditioned stimuli, non-existent words, Japanese

## References

- [1] Mesgarani N., David V., Fritz J. B., Shamma S. A., “Influence of Context and Behavior on Stimulus Reconstruction From Neural Activity in Primary Auditory Cortex”, *Journal of Neurophysiology*, **102**:6 (2009), 3329–3339.
- [2] Martin S., Brunner P., Holdgraf C., Heinze H. G., Crone N. E., Rieger J., Schalk G., Knight R. T., Pasley B. N., “Decoding spectrotemporal features of overtand covert speech from the human cortex”, *Frontiers in Neuroengineering*, **7** (2014).