

КОГНИТИВНАЯ НАУКА

В МОСКВЕ



НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

МАТЕРИАЛЫ
КОНФЕРЕНЦИИ
2023

Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман, А.Я. Койфман

УДК 159.9
ББК 88.25
К57

Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 21 – 22 июня 2023 г. Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман, А.Я. Койфман. – М.: ООО «Буки Веди», Московский институт психоанализа. 2023 г. – 604 стр.

© Авторы статей, 2023

ISBN 978-5-4465-3880-5

УДК 159.9
ББК 88.25

ISBN 978-5-4465-3880-5

© Авторы статей, 2023

ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯТЫ ВОСПРИЯТИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПСЕВДООМОФОНОВ

А. А. Сизых*, Е. В. Ларионова
alexandersizykh@ihna.ru
ИВНД и НФ РАН, Москва

Аннотация. В русскоязычных словах с безударной гласной в корне может встречаться два типа ошибок: в проверяемой и непроверяемой гласной. В данной работе были исследованы электрофизиологические корреляты восприятия слов с проверяемыми и непроверяемыми безударными гласными в корне, написанных правильно и с ошибкой, с помощью метода вызванных потенциалов (ВП). ВП регистрировались у 18 испытуемых во время пассивного чтения. Было выявлено, что обработка правильно и неправильно написанных слов с проверяемой безударной гласной при визуальном распознавании различается в интервале 406–465 мс после предъявления стимула (компонент N400). Слова с непроверяемой безударной гласной и их псевдоомофоны различаются во временном промежутке 600–752 мс (компонент P600). Такая разница может объясняться тем, что обработка слов с непроверяемой безударной гласной может быть затруднена по сравнению со словами с проверяемой безударной гласной и требовать явного анализа.

Ключевые слова: вызванные потенциалы, чтение, грамотность, орфографические ошибки, псевдоомофоны

Введение

Одним из видов речевых ошибок являются орфографические ошибки. При попытке перенести фонологическую форму на письмо автор сообщения заменяет одну или несколько букв оригинального слова на другую букву или их набор. Распространенный случай орфографических ошибок — неправильный выбор буквы при попытке передать на письме гласный звук в безударной позиции. В этом случае звучание слова не меняется и соответствует фонологии правильно написанного слова (например, *волна* → *вална*, [ve't'na]). Такие не существующие в языке слова, звучание которых совпадает с произношением существующих, правильно написанных слов, называются *псевдоомофонами*.

Ввиду аналогичного настоящим словам звучания псевдоомофоны широко изучаются в нейрофизиологических исследованиях. В таких работах применяется метод вызванных потенциалов (ВП), который обладает хорошим временным разрешением и позволяет определить различные этапы обработки текста при визуальном распознавании слов. Стоит заметить, что данные нейрофизиологических исследований, связанных с обработкой псевдоомофонов, противоречивы. Чаще всего различия между словами и псевдоомофонами обнаруживались для компонентов N400 и P600 (Bakos et al., 2018; Briesemeister et al., 2009; Gonzalez-Garrido et al., 2015; Kemény et al., 2018). Компонент N400 свя-

зывают с этапом лексико-семантической обработки, а его амплитуда модулируется в зависимости от затрат на обработку свойств словоформы, хранящейся в памяти (Kutas, Federmeier, 2011). В связи с этим амплитуда N400 меньше в ответ на слова, чем на псевдоомофоны. P600 связывают с процессами памяти и повторного анализа (Osterhout, Holcomb, 1992), а также мониторингом и разрешением конфликтов, которые также могут участвовать при дифференциации слов и псевдоомофонов (Meerendonk et al., 2013; Stites et al., 2016).

Правописание слова русского языка подчиняется одному из трех принципов: фонологическому, морфологическому или традиционному. Фонологический принцип подразумевает полное соответствие написания слова его звучанию (например, *муха* [ˈmɨxə]). В связи с этим он не связан с возникновением орфографических ошибок. По морфологическому принципу, написание морфемы остается одинаковым вне зависимости от ударной/безударной позиции в слове (например, *бревно* → *брѐвна*). В этих случаях, как правило, можно проверить правописание слова, в котором звук находится в безударной позиции, с помощью формы слова или однокоренного слова, в котором этот звук становится в сильную позицию. В тех случаях, когда правописание не может быть объяснено морфологическим принципом, реализуется традиционный. Под него подпадают так называемые словарные слова, правописание которых невозможно проверить. Таким образом, в русском языке можно выделить два распространенных на письме типа псевдоомофонов: 1) с неправильно написанными проверяемыми гласными в безударной позиции в корне слова, 2) с неправильно написанными непроверяемыми гласными в безударной позиции в корне слова.

Несмотря на распространенность и сложность русского языка, исследований, затрагивающих проблему нейрофизиологических коррелятов восприятия различных типов псевдоомофонов, остается мало. В связи с этим целью данного исследования было выявить электрофизиологические паттерны распознавания слов с разными типами орфографических ошибок.

Методика

В исследовании приняли участие 18 испытуемых (9 женщин, 9 мужчин) от 19 до 35 лет ($M=26.5$ лет, $SD=5.15$). Все испытуемые — правши, не имели черепно-мозговых травм и расстройств нервной системы в анамнезе. Для всех испытуемых русский язык — единственный родной.

В эксперименте было использовано 160 существительных русского языка от 5 до 7 букв, состоящих из 2–3 слогов. Из них 40 слов — правильно написанные слова с одной непроверяемой гласной в безударной позиции (например, *столица*), 40 псевдоомофонов с непроверяемой гласной в безударной позиции (например, *салома*), 40 правильно написанных слов с проверяемой гласной в корне в безударной позиции (например, *борьба*), 40 псевдоомофонов с проверяемой безударной гласной в корне (например, *бривно*). Группы стимулов уравниены по количеству букв в слове (среднее число букв в каждой категории стимулов составляло 6.1) и частоте встречаемости (средняя частота встречаемости в каждой категории стимулов составляла 57.4 ipm).

Испытуемому была дана инструкция читать про себя предъявляемые на экране слова. Стимулы были написаны белым шрифтом (размер – 2 см) на черном фоне. Каждый стимул предъявлялся в течение 200 мс, межстимульный интервал составлял от 1500 до 2200 мс. Стимулы предъявлялись в псевдослучайном порядке с помощью программного обеспечения PsychoPy3 Experiment Builder v3.0.7 (Peirce et al., 2019) на мониторе диагональю 19".

Электроэнцефалограмма регистрировалась на 64-канальной установке BrainProducts (Brain Products, Мюнхен, Германия). Усреднение ВП проводилось отдельно для разных категорий стимулов. ВП были проанализированы с помощью программного обеспечения BrainVision Analyzer (Brain Products, Мюнхен, Германия).

Обработка включала перереферирование на объединенный ушной электрод, цифровую полосовую фильтрацию 0.3–30 Гц, удаление артефактов физиологической природы, сегментацию от –300 до 1500 мс относительно предъявления стимула, отклонение артефактов (± 100 мкВ), последующий визуальный анализ и усреднение для каждой категории стимулов отдельно.

Статистический анализ осуществлялся с помощью кластерного пермутационного теста. Для компонента ВП N400 тест проводился во временном окне 400–500 мс по фронтальным и центральным отведениям (F3; F1; Fz; F2; F4; FC4; FC2; FC1; FC3; C1; C3; Cz; C2; C4; C5; C6; F5; F6; CPz; CP1; CP2), так как компонент имел фронто-центральную топографию. Компонент P600 анализировался в окне 600–900 мс по всем отведениям, поскольку имел широкое распределение по скальпу. Анализ проводился по отдельности для двух категорий ошибок (в непроверяемой и проверяемой гласной корня слова). Для анализа использовался метод Monte Carlo с 500 перестановками, пакет FieldTrip (Oostenveld et al., 2011) в программе Matlab. Значимыми считались различия, которые сохранялись в течение как минимум 5 последовательных точек (то есть более 20 мс) по крайней мере в 2 соседних электродах и с уровнем альфа 0.05.

Результаты

Кластерный пермутационный анализ показал, что между правильно написанными словами с непроверяемой гласной в безударной позиции и псевдоомофонами с непроверяемой гласной в безударной позиции отсутствует статистически значимая разница в промежутке 400–500 мс (N400). Однако были обнаружены различия во временном интервале 600–752 мс, соответствующем компоненту P600: позитивность в центрально-теменном кластере была больше в ответ на слова с ошибкой ($p = .010$).

Во же время выявлена разница между правильно написанными словами с проверяемой безударной гласной в корне и псевдоомофонами с проверяемой безударной гласной в корне в промежутке 406–465 мс (N400): негативность во фронтально-центральном кластере также больше в ответ на слова с ошибкой ($p = .038$). Статистических различий во временном окне 600–900 мс, соответствующем компоненту P600, не обнаружено.

Обсуждение и выводы

По полученным результатам, правильно написанные слова с проверяемой безударной гласной в корне и псевдоомофоны с проверяемой безударной гласной различаются на более раннем этапе визуального распознавания (N400), чем правильно написанные слова с непроверяемой безударной гласной в корне и псевдоомофоны с непроверяемой безударной гласной (P600). Мы предполагаем, что это может быть связано с разной сложностью предъявляемых стимулов. Правописание проверяемой безударной гласной в корне слова можно выявить с помощью однокоренных слов, в которых звук для этой буквы находится в сильной позиции, то есть для этого достаточно вспомнить подходящее слово. Вероятно, этот процесс более автоматизирован и требует меньших затрат по сравнению с распознаванием ошибок в непроверяемой гласной, что проявляется в компоненте N400, который связывают с неявным обнаружением конфликта между орфографией и фонологией, а также с имплицитной памятью (Gonzalez-Garrido et al., 2015; Dew & Cabeza, 2011).

По всей видимости, проверка орфографии непроверяемой безударной гласной в корне слова требует большего контроля и менее автоматизирована по сравнению со словами с проверяемой безударной гласной. Коррелятом осознанной обработки таких слов может быть выявленный нами компонент P600. И хотя функциональная роль P600 до сих пор является предметом споров, эту волну связывают в том числе с повторной обработкой (Meerendonk et al., 2013), явным анализом и процессами интеграции (Sassenhagen et al., 2014).

Таким образом, наши данные демонстрируют, что орфографическая обработка у русскоязычных взрослых может зависеть от типа ошибки. Мы предполагаем, что дифференциация слов с непроверяемой безударной гласной в корне и их псевдоомофонов является более сложным процессом и требует явного анализа по сравнению с более автоматическим распознаванием ошибок в проверяемой безударной гласной в корне слова.

Литература

- Bakas S., Landerl K., Bartling J., Schulte-Körne G., Moll K. Neurophysiological correlates of word processing deficits in isolated reading and isolated spelling disorders // *Clinical Neurophysiology*. 2018. Vol. 129. No.3. P. 526–540. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2017.12.010>
- Briesemeister B.B., Hofmann M.J., Tamm S., Kuchinke L., Braun M., Jacobs A.M. The pseudohomophone effect: Evidence for an orthography-phonology-conflict // *Neuroscience Letters*. 2009. Vol. 455. No. 2. P. 124–128. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.03.010>
- Dew I.T.Z., Cabeza R. The porous boundaries between explicit and implicit memory: Behavioral and neural evidence // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2011. Vol. 1224. No. 1. P. 174–190. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2010.05946.x>
- González-Garrido A., Gómez-Velázquez F.R., Zarabozo D., Zarabozo-Hurtado D., Joshi R. ERP effects of word exposure and orthographic knowledge on lexical decisions in Spanish // *Journal of Behavioral and Brain Science*. 2015. Vol. 5. No.6. P. 185–193. <https://doi.org/10.4236/jbbs.2015.56019>

Kemény F., Banfi C., Gangl M., Perchtold C.M., Papousek I., Moll K., Landerl K. Print-, sublexical and lexical processing in children with reading and/or spelling deficits: An ERP study // *International Journal of Psychophysiology*. 2018. Vol. 130. No.130. P. 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2018.05.009>

Kutas M., Federmeier K.D. Thirty years and counting: Finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP) // *Annual Review of Psychology*. 2011. Vol. 62. No. 1. P. 621–647. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.131123>

van de Meerendonk N., Chwilla D.J., Kolk H.H.J. States of indecision in the brain: ERP reflections of syntactic agreement violations versus visual degradation // *Neuropsychologia*. 2013. Vol. 51. No. 8. P. 1383–1396. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.03.025>

Oostenveld R., Fries P., Maris E., Schoffelen J.-M. FieldTrip: Open source software for advanced analysis of MEG, EEG, and invasive electrophysiological data // *Computational Intelligence and Neuroscience*. 2011. Vol. 2011. P. 1–9. <https://doi.org/10.1155/2011/156869>

Osterhout L., Holcomb P.J. Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly // *Journal of Memory and Language*. 1992. Vol. 31. No. 6. P. 785–806. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(92\)90039-Z](https://doi.org/10.1016/0749-596X(92)90039-Z)

Peirce J., Gray J., Simpson S., MacAskill M., Höchenberger R., Sogo H., Kastman E., Lindeløv J.K. PsychoPy2: Experiments in behavior made easy // *Behavior Research Methods*. 2019. Vol. 51. No. 1. P. 195–203. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-01193-y>

Sassenhagen J., Schlesewsky M., Bornkessel-Schlesewsky I. The P600-as-P3 hypothesis revisited: Single-trial analyses reveal that the late EEG positivity following linguistically deviant material is reaction time aligned // *Brain and Language*. 2014. Vol. 137. P. 29–39. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2014.07.010>

Stites M.C., Federmeier K.D., Christianson K. Do morphemes matter when reading compound words with transposed letters? Evidence from eye-tracking and event-related potentials // *Language, Cognition and Neuroscience*. 2016. Vol. 31. No. 10. P. 1299–1319. <https://doi.org/10.1080/23273798.2016.1212082>

ELECTROPHYSIOLOGICAL CORRELATES OF PERCEPTION OF DIFFERENT TYPES OF PSEUDOHOMOPHONES

A. A. Sizykh*, E. V. Larionova

alexandersizykh@ihna.ru

Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology,
Russian Academy of Sciences, Moscow

Abstract. Two kinds of spelling errors may occur in Russian words, in verifiable and unverifiable unstressed vowels in the root. This research focuses on the neurobiological correlates of the perception of correctly and incorrectly spelled words with verifiable and unverifiable unstressed vowels using event-related potentials (ERPs). ERPs were recorded from 18 volunteers during a passive reading task. We observed that the visual processing of correctly and incorrectly spelled words with verifiable unstressed vowels differs during the 406–465 ms window after stimulus presentation (N400). Words with unverifiable unstressed vowels and their pseudohomophones are distinguished at 600–752 ms (P600). We assume that the processing of words with unverifiable unstressed vowels is complicated as opposed to words with verifiable unstressed vowels, requiring explicit analysis.

Keywords: evoked potentials, reading, literacy, spelling errors, pseudohomophones