Особенности вызванных потенциалов при восприятии разных типов орфографических ошибок[1]

А.Б. Ребрейкина, Е.В. Ларионова, О.В. Мартынова
Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва, Россия
anna.rebreikina@gmail.com

Ключевые слова: *чтение, ВП, грамотность, опознание ошибок*

Грамотность предполагает умение следовать принципам и правилам родного языка как в устной речи, так и на письме. При огромном числе работ, посвященных механизмам чтения, до настоящего времени не изучены нейрофизиологические основы правописания русского языка, одного из достаточно сложных с точки зрения соответствия правил написания и фонетического звучания. Цель данной работы – изучение психофизиологических коррелятов грамотности у здоровых русскоязычных взрослых. Для этого мы анализировали значения амплитуды вызванных потенциалов (ВП) на разных временных этапах при восприятии слов с нарушением различных правил написания.

Методика. В исследовании приняли участие 31 человек (18 женщин, 13 мужчин). Все испытуемые правши с родным русским языком, без речевых нарушений, средний возраст – 23.6±4.3 лет, уровень образования – 13.8±1.8 лет. Испытуемым предлагалось читать слова, предъявляемые на экране, и определять правильность их написания путем нажатия на левую и правую кнопки геймпада. Для одной половины испытуемых левая кнопка соответствовала правильному слову, правая – слову, написанному с ошибкой, для другой половины – наоборот. Стимулы предъявлялись в случайном порядке до ответа испытуемого, через 1300–2300 мс после ответа предъявляли следующий стимул. Все стимулы – существительные из 5–6 букв: слова с ошибками в проверяемых безударных гласных (49 слов) и правильно написанные слова с безударными гласными (50 слов); слова с ошибками в буквосочетаниях ча-ща, жи-ши, чу-щу (49 слов) и правильно написанные слова с буквосочетаниями ча-ща, жи-ши, чу-щу (50 слов).

ЭЭГ записывали на усилителе Энцефалан-Медиком МТД от 19 отведений. Усреднение ВП осуществляли на правильные ответы отдельно для 4 типов стимулов. С помощью программы BrainVision Analyzer на основании визуального анализа усредненных для каждого типа стимулов ВП для каждого испытуемого определяли среднюю амплитуду в следующих

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-013-00514.

временных интервалах: 50–100 мс, 170–220 мс, 300–400 мс, 400–500 мс, 500–600 мс, 600–700 мс, 700–800 мс, 800–900 мс. ВП анализировали от 16 отведений: Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, T3, T4, T5, T6, P3, P4, O1, O2. Также анализировали поведенческие показатели – количество ошибок и время реакции.

С помощью дисперсионного анализа с повторными измерениями и последующим апостериорным сравнением исследовали эффекты, связанные с фактором "Условие" для 4 типов стимулов. Для сравнения поведенческих показателей использовали критерий Вилкоксона.

Результаты и обсуждение. Поведенческие показатели на правильные и слова с ошибками различались для слов с безударными гласными: испытуемые чаще ошибались при детекции слов с ошибками (среднее число ошибок 2.2±2.2), чем при определении правильных слов (среднее число ошибок 0.6±0.8), $T = 16.5$, $p < 0.01$; время реакции на слова с ошибками (среднее время реакции 1.36±0.6 с) было больше, чем на правильно написанные слова (среднее время реакции 1.18±0.5 с), $T = 49.0$, $p < 0.01$. Для слов с буквосочетаниями ча-ща, жи-ши, чу-щу поведенческих различий не было.

Дисперсионный анализ показал значимость эффекта Условие $F (1, 30) = 7.33$, $p = 0.01$ в интервале 50–100 мс для слов с буквосочетаниями ча-ща, жи-ши, чу-щу: средняя амплитуда в отведениях Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, T3, P3 ($p < 0.01$) была более позитивной на слова с ошибками по сравнению с правильно написанными словами. Ранние этапы обработки напечатанных слов связывают со зрительным анализом. Было показано, что на этапе до 170 мс имеются различия ВП между словами и “не словами”, то есть нетипичными для языка буквосочетаниями (Araujo et al. 2015). В настоящем исследовании слова, написанные с жы/шы/чя/щя, также являются неприемлемыми для письменной русской речи. Можно предположить, что раннее увеличение амплитуды ВП на слова с ошибками такого типа связано с рассогласованием зрительной информации с хранящимися в памяти “образцов” слогов. Слоги в словах с ошибками в безударных гласных соответствуют нормам языка, этим может объясняться отсутствие ранних различий ВП в этой группе слов. Для слов с безударными гласными был значим эффект Условие $F (1, 30) = 6.21$, $p = 0.02$ в интервале 300–400 мс (достоверные различия для отведений Fp1, F3, F7, F8, C3, C4, T3, T4, T5, P3, $p < 0.01$) и в интервале 400-500 мс $F (1, 30) = 21.71$, $p < 0.01$ (достоверные различия для всех отведений, кроме Fp2, $p < 0.01$): средняя амплитуда в интервале 300-500 мс была больше на слова с ошибками по сравнению с правильно написанными словами. Большая амплитуда во временном окне 300-400 мс была показана для слов с ошибками в согласных в безударных и ударных слогах по сравнению с правильно написанными словами, что может отражать трудности лексическо-

го доступа для неправильно написанных слов (Kriukova and Mani 2016). Вероятно, полученные нами данные во временном интервале 300–500 мс отражают аналогичные нарушения лексического доступа для неправильно написанных слов с безударными гласными. В более поздних интервалах для слов с безударными гласными также был значим эффект Условие: для 600–700 мс $F (1, 30) = 10.66$, $p = 0.003$ (достоверные различия для отведений Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, T3, T4, T5, T6, P3, P4, O1, $p < 0.05$), для 700–800 мс $F (1, 30) = 23.04$, $p < 0.01$ (достоверные различия во всех анализируемых отведениях, $p < 0.05$), для 800-900 мс $F (1, 30) = 5.12$, $p = 0.03$ (достоверные различия для отведений F3, F4, C3, C4, T3, T5, T6, P3, P4, O1, O2, $p < 0.05$) – средняя амплитуда в интервале 600-900 мс позитивнее на правильные слова по сравнению со словами с ошибками. Большая позитивность в интервале 600–900 мс на правильные слова по сравнению с неправильными, вероятно, аналогичная позднему позитивному компоненту (LPC, Late Positive Complex), связанному с формированием следов памяти (Bermúdez-Margaretto et al. 2015) для правильных слов, отражает облегчение их обработки в ходе выполнения задачи. Это согласуется и с поведенческими данными: большее время реакции и число ошибок на неправильные слова с безударными гласными говорят о большей сложности их обработки по сравнению с правильными словами.

Таким образом, в нашей работе было показано, что опознание разных типов ошибок имеет различные нейрофизиологические основы: детекция ошибок с заданными правилами языка вроде буквосочетаний ча-ща, жи-ши, чу-щу связана с распознаванием зрительной формы слова и, вероятно, происходит, автоматически уже на этапе около 100 мс, в то время как детекция более сложных ошибок в безударных гласных происходит начиная с 300 мс и связана с процессами памяти и лексического анализа.

Список литературы

1. Araújo S., Faísca L., Bramão I., Reis A., Petersson K.M. 2015. Lexical and sublexical orthographic processing: An ERP study with skilled and dyslexic adult readers. Brain and Language, 141, 16–27.

2. Kriukova O., Mani N. 2016. The strong, the weak, and the first: The impact of phonological stress on processing of orthographic errors in silent reading. Brain research, 1636, 208–218.

3. Bermúdez-Margaretto B., Beltrán D., Domínguez A., Cuetos F. 2015. Repeated exposure to “meaningless” pseudowords modulates LPC, but not N (FN) 400. Brain topography, 28(6), 838–851.