

Журнал медико-биологических исследований. 2024. Т. 12, № 2. С. 181–190.
Journal of Medical and Biological Research, 2024, vol. 12, no. 2, pp. 181–190.

Научная статья
УДК 612.821+612.84
DOI: 10.37482/2687-1491-Z193

Обработка зрительной вербальной информации в условиях пассивного чтения и категоризации слов в составе одного согласованного словосочетания

Наталья Сергеевна Нужина* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9126-130X>
Петр Анатольевич Продиус**/** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1106-120X>
Ирина Васильевна Мухина**/** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8811-0049>

*Приволжский исследовательский медицинский университет
(Нижний Новгород, Россия)

**Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
(Нижний Новгород, Россия)

***Нижегородский государственный агротехнологический университет
(Нижний Новгород, Россия)

Аннотация. Цель настоящего исследования – выявить нейрофизиологические различия в процессе обработки информации мозгом в условиях пассивного чтения и выполнения семантической категоризации отдельных слов в рамках одного согласованного словосочетания. **Материалы и методы.** В работе приняли участие 25 студентов естественно-научного профиля, обучающихся в вузах Нижнего Новгорода. В ходе эксперимента участникам на мониторе компьютера предъявляли словосочетания, состоящие из определения и существительного. В первой серии предъявлений необходимо было классифицировать определение (целевое условие) и прочитать существительное (нецелевое условие), во второй – классифицировать существительное и прочитать определение. Это давало возможность оценить перестройку процесса обработки информации при изменении задания внутри согласованного словосочетания, а также сравнить обработку слова на первой и второй позиции в целевом и нецелевом условии. С помощью 21-канального электроэнцефалографа «Нейрон-Спектр-4/ВПМ» («Нейрософт», Россия) регистрировались связанные с событием потенциалы, получаемые в ходе отклика на предъявляемые стимулы. **Результаты.** При изменении задания различий между обработкой определений в целевом и нецелевом условии выявлено не было. Для существительных фиксировались различия в компонентах связанных с событием потенциалов между целевым и нецелевым условием. Наблюдались более выраженный пик компонента P200, менее выраженный пик N400 и появление поздней отрицательной волны компонента N700 в условиях категоризации существительных по сравнению с их пассивным прочтением. Таким образом, при выполнении разных задач внутри согласованного словосочетания мозг изменяет характер обработки вербальной информации, что выража-

Ответственный за переписку: Наталья Сергеевна Нужина, адрес: 603950, г. Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1; e-mail: persistent_nataly@mail.ru

ется в усилении раннего лексического доступа с последующим облегчением лексико-семантической обработки и активацией механизмов когнитивного контроля на самых поздних этапах во время категоризации второго слова в паре (существительного) по сравнению с его пассивным прочтением.

Ключевые слова: связанные с событием потенциалы, волна P200, волна N400, волна N700, согласованное словосочетание, пассивное чтение, семантическая категоризация, обработка мозгом вербальной информации

Финансирование. Исследование было профинансировано в рамках государственного задания Министерства здравоохранения Российской Федерации № 121030100282-6.

Для цитирования: Нужина, Н. С. Обработка зрительной вербальной информации в условиях пассивного чтения и категоризации слов в составе одного согласованного словосочетания / Н. С. Нужина, П. А. Продиус, И. В. Мухина // Журнал медико-биологических исследований. – 2024. – Т. 12, № 2. – С. 181-190. – DOI 10.37482/2687-1491-Z193.

Original article

Visual-Verbal Information Processing During Passive Reading and Categorization of Words in a Phrase

Natal'ya S. Nuzhina* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9126-130X>
Petr A. Prodius**/** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1106-120X>
Irina V. Mukhina**/** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8811-0049>

*Privolzhsky Research Medical University
(Nizhny Novgorod, Russia)

**National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod
(Nizhny Novgorod, Russia)

***Nizhny Novgorod State Agrotechnological University
(Nizhny Novgorod, Russia)

Abstract. The **purpose** of this study was to identify neurophysiological differences in information processing by the brain during passive reading and semantic categorization of individual words within a phrase. **Materials and methods.** The research involved 25 natural science students of Nizhny Novgorod universities. In the course of the experiment, the subjects were presented with word combinations consisting of an attribute and a noun on a computer monitor. In the first series of presentations, the task was to classify the attribute (target condition) and read the noun (non-target condition), in the second, to classify the noun and read the attribute. This allowed us to assess the restructuring of information processing when changing the task within a phrase, as well as to compare the processing of the word in the first and second positions in the target and non-target conditions. Using the 21-channel Neuron-Spectrum-4/VPM electroencephalograph (Neurosoft, Russia), event-related potentials (ERPs) obtained during the response to presented stimuli were recorded. **Results.** No differences were observed in attribute processing between the target and non-target conditions when tasks changed. For nouns, differences

Corresponding author: Natal'ya Nuzhina, *address:* pl. Minina i Pozharskogo 10/1, Nizhny Novgorod, 603950, Russia; *e-mail:* persistent_nataly@mail.ru

were revealed in ERP components between the target and non-target conditions. There was a more pronounced peak of the P200 component, a less pronounced peak of the N400 and a late negative wave of the N700 component during the categorization of nouns compared to their passive reading. Thus, when performing different tasks within a phrase, the brain changes the nature of verbal information processing, which is manifested in strengthening early lexical access, followed by the facilitation of lexico-semantic processing and activation of cognitive control mechanisms at the latest stages during the categorization of the second word in a phrase (noun) compared to its passive reading.

Keywords: *event-related potentials, P200 wave, N400 wave, N700 wave, word combinations, passive reading, semantic categorization, verbal information processing by the brain*

Funding. The study was funded within the framework of the state assignment of the Ministry of Health of the Russian Federation no. 121030100282-6.

For citation: Nuzhina N.S., Prodius P.A., Mukhina I.V. Visual-Verbal Information Processing During Passive Reading and Categorization of Words in a Phrase. *Journal of Medical and Biological Research*, 2024, vol. 12, no. 2, pp. 181–190. DOI: 10.37482/2687-1491-Z193

Зрительная вербальная коммуникация является одним из важнейших каналов получения информации для современного человека и приобретает особое значение в условиях увеличения объема информационных потоков в последние десятилетия, в связи с чем изучение нейрофизиологических механизмов обработки вербальных стимулов в мозге остается актуальной проблемой. Фундаментальные знания о данных механизмах позволяют детектировать перестройку в обработке вербальной информации при различных изменениях в состоянии ментального здоровья индивида [1]. Для изучения нейрофизиологических закономерностей обработки текстовой информации широко используется метод регистрации связанных с событием потенциалов (ССП). При этом обычно анализируются компоненты SSP, появляющиеся с латентностью около 200 мс (P200), 400 мс (N400), 600 мс (P600). Точная функциональная роль компонента P200 в исследованиях языковой обработки все еще обсуждается, но некоторые данные свидетельствуют о том, что он отражает когнитивные механизмы, связанные с ранним лексическим доступом [2]. Компонент N400 соотносят с контекстно-зависимыми процессами лексического поиска [3, 4] или трудностями семантической интеграции слова в

контекст [5]. Однако существует точка зрения, что поздний позитивный компонент P600 может индексировать процессы, обусловленные семантической интеграцией [3, 4, 6].

В большинстве работ по изучению компонентов SSP использовалась только одна задача, в основном требующая либо правильных ответов, либо чтения предложений, в то время как данные компоненты чувствительны не только к лексико-семантическим особенностям стимульного материала, но и к поставленной экспериментальной задаче. Например, компонент N400 может проявлять так называемый эффект нерелевантности заданию, демонстрируя увеличение амплитуды в ответ на несоответствующие поставленной задаче стимулы по сравнению со стимулами, требующими ответной реакции [7, 8]. Помимо этого, конкретная экспериментальная задача позволяет обнаружить определенный аспект нарушений при той или иной патологии. Например, D.A. Kreher et al. [9] в эксплицитном задании обнаружили у пациентов с шизофренией снижение прямого и косвенного семантического эффекта прайминга для компонента N400 по сравнению со контрольными группами (психически здоровые люди), но при этом в имплицитном задании в виде чтения слов пациенты продемонстрирова-

ли нормальный и даже усиленный прайминг-эффект. Однако есть работы, не выявившие чувствительность компонентов к изменению экспериментальной задачи. Например, исследователи M. Valconi и U. Pozzoli [10] не обнаружили различий для компонентов N400 и P600 между имплицитным (пассивное чтение предложений) и эксплицитным (распознавание семантических и синтаксических аномалий в предложении) заданиями.

Помимо изучения лексико-семантических коррелятов обработки вербальной информации интерес также представляет анализ наиболее поздних изменений электрической активности, возникающих через 700 мс после предъявления стимула (компонент N700) и рассматриваемых как отражение активации внимания и памяти после сознательного распознавания стимулов [11–13]. В предыдущем исследовании [14] мы обнаружили, что компонент чувствителен к изменению поведенческой задачи и формируется во время обработки мозгом целевых для категоризации слов. Однако надо отметить, что в том эксперименте целевым стимулом всегда являлось второе слово в согласованном словосочетании, а первое было нецелевым. В настоящей работе по отношению к каждому из двух слов в одном согласованном словосочетании применялись разные когнитивные задачи, при этом участник получал эксплицитное (проводить семантическую категоризацию одного из слов) и имплицитное (читать про себя другое слово в данной паре) задания. Это давало возможность оценить перестройку обработки информации при изменении задания внутри согласованного словосочетания, а также сравнить обработку слова на первой и второй позиции в целевом и нецелевом условии.

Дизайн настоящего эксперимента основан на том, что задача может влиять на степень, в которой участники обращают внимание на различные аспекты представленного вербального материала, включая семантические категории. Пассивное чтение вербальной информации, не подразумевающее выполнения дополнительных заданий, представляется процессом более автоматизированным и использующим преимуще-

ственно механизмы восходящего контроля [15]. В свою очередь, семантическая категоризация предъявляемых стимулов активирует произвольный контроль и обработку информации под влиянием нисходящих процессов [16].

Цель исследования – выявить с помощью метода регистрации ССП нейрофизиологические различия в процессе обработки информации мозгом в условиях пассивного чтения и выполнения семантической категоризации отдельных слов в рамках одного согласованного словосочетания.

Материалы и методы. В эксперименте приняли участие 25 студентов естественно-научного профиля из вузов Нижнего Новгорода в возрасте от 19 до 25 лет ($M \pm SD = 21,24 \pm 1,94$ года) с нормальным или скорректированным зрением. Исследование проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией (редакция от 2013 года) и одобрено комитетом по этике Приволжского исследовательского медицинского университета (протокол № 8, 2019). Все испытуемые были предварительно ознакомлены с процедурой и дали письменное информированное согласие на участие.

Регистрация ССП проводилась с помощью 21-канального электроэнцефалографа «Нейрон-Спектр-4/ВПМ» («Нейрософт», Россия) с использованием хлорсеребряных электродов, встроенных в эластичную электродную шапочку (MCScap 10-20, Россия) в соответствии с международной системой 10-20. Применялись 2 ипсилатеральных референта, один из которых располагался на правом, а другой – на левом мастоидном отростке височной кости. Заземляющий электрод размещался на вертексе. Импеданс электродов поддерживался ниже 10 кОм. Записи электроэнцефалограммы (ЭЭГ) непрерывно оцифровывались с частотой 1000 Гц и впоследствии обрабатывались с помощью полосового фильтра с частотой 0,5–13 Гц.

Участникам предъявлялись пары слов, представляющие собой согласованные словосочетания (определение + существительное). Средняя частотность используемых определений в первой серии составила $19,01 \pm 18,72$ употреблений

на миллион слов Национального корпуса русского языка, а во второй серии – $18,51 \pm 24,75$ употреблений на миллион слов корпуса. Средняя частотность существительных в первой серии составила $19,64 \pm 18,16$ употреблений на миллион слов корпуса, а во второй серии – $16,78 \pm 23,16$ употреблений на миллион слов корпуса¹. Примеры стимулов приведены в табл. 1.

предъявления отдельно для определений и существительных.

Проверка на нормальность распределения данных осуществлялась с помощью критерия Шапиро–Уилка. Время реакции подчинялось нормальному распределению и представлялось как среднее значение и стандартное отклонение ($M \pm SD$), различия устанавливались

Таблица 1

Примеры стимульного материала
 Examples of the stimulus material

Условие	Категория	Пример
Целевое определение	Качественная	Глиняный кувшин
	Порядковая	Девятая студия
Целевое существительное	Инструмент	Ржавая гайка
	Интерьер	Дубовый комод

В первой серии предъявлений необходимо было отнести определение к одной из категорий (дающее качественную или порядковую характеристику), а существительное – прочесть про себя. Во второй серии нужно было отнести существительное к одной из семантических категорий (инструмент или интерьер), а определение – прочесть про себя. Каждое слово предъявлялось на экране в течение 1200 мс. Отвечать нужно было нажатием на соответствующую клавишу клавиатуры при появлении вопросительного знака.

Из исходных записей ЭЭГ вручную удалялись окулографические, миографические, двигательные и иные артефакты. Для усреднения использовались эпохи до 1200 мс после предъявления стимула. Число усреднений на каждый тип стимула для каждого испытуемого составляло от 30 до 40. Проводилось сравнение амплитуд ССП во фронтальных (F3, F4, Fz), центральных (C3, C4, Cz), теменных (P3, P4, Pz) и задневисочных (T5, T6) отведениях между целевым (категоризация стимулов) и нецелевым (пассивное чтение) условиями

по критерию Стьюдента. Несимметрично распределенные данные описывались при помощи медианы и нижнего и верхнего квартилей – $Me [Q_1; Q_3]$. Для выявления пространственно-временных закономерностей различий ССП был применен непараметрический кластерный анализ, выполненный в пакете MNE 23.0 для языка программирования Python 3.9 с использованием критерия перестановки [17]. Для формирования кластеров использовалось пороговое значение $p = 0,05$. Уровень статистической значимости кластера был определен на основе 10 000 перестановок. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. Среднее время ответа на целевые определения составило $0,47 \pm 0,17$ с, а на целевые существительные – $0,50 \pm 0,18$ с, при этом статистически значимых различий не выявлено ($p > 0,05$). ССП при предъявлении целевых и нецелевых определений также не продемонстрировали статистически значимых различий.

Кластерный анализ (табл. 2) показал влияние условий на компонент P200 в левой лобной области (F3), центральных отведе-

¹Ляшевская О.Н., Шаров С.А. Частотный словарь современного русского языка. М.: Азбуковник, 2009. 1087 с.

ниях (С3, С4 и Сz), левой и правой теменных областях (Р3, Р4) и задневисочном отведении (Т5), при этом большая амплитуда компонента наблюдалась в ответ на целевые существительные.

отведениях. Это соответствовало кластеру, начинающемуся примерно с 700 мс. Тестирование перестановок показало, что различия в этом кластере являются статистически значимыми ($p < 0,01$).

Таблица 2

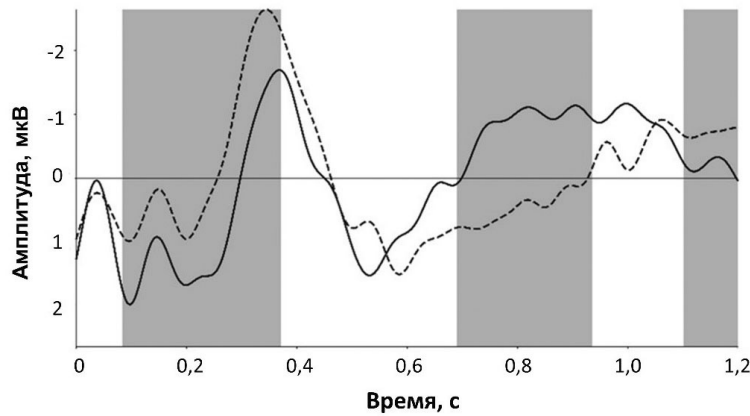
Сравнение амплитуд ССП при предъявлении целевых и нецелевых существительных (кластерный анализ)
Comparison of ERP amplitudes when presented with target and non-target nouns (cluster analysis)

Отведение	Интервал ССП, мс	Амплитуда ССП, $Me [Q_1; Q_3]$, мкВ		p
		в целевом условии	в нецелевом условии	
F3	116–222	2,87 [1,89; 3,78]	2,11 [1,22; 3,61]	0,0240
С3	96–221	2,87 [1,98; 4,04]	2,03 [1,41; 3,36]	0,0078
	243–373	–3,79 [–4,29; –1,92]	–3,70 [–4,83; –2,76]	0,0018
	691–940	–2,03 [–2,84; –1,17]	–1,09 [–1,60; –0,23]	0,0002
С4	142–215	2,87 [1,81; 4,68]	2,63 [1,33; 3,34]	0,0332
	711–850	–1,32 [–1,93; –0,55]	–0,59 [–1,11; 0,39]	0,0006
Сz	102–200	3,48 [2,32; 4,24]	2,13 [0,83; 4,10]	0,0002
	201–364	–3,59 [–4,80; –2,57]	–4,79 [–5,69; –2,59]	0,0002
	697–835	–1,21 [–1,80; 0,69]	–0,10 [–0,92; 0,53]	0,0006
Р3	84–171	2,97 [1,32; 4,32]	1,78 [0,59; 3,38]	0,0376
	194–372	–2,54 [–3,05; –1,72]	–3,72 [–3,94; –2,71]	0,0004
	690–936	–2,56 [–3,28; –1,48]	–0,94 [–1,65; –0,27]	0,0002
Р4	142–212	3,42 [1,75; 4,43]	2,75 [1,41; 3,36]	0,0490
	247–381	–2,3 [–3,16; –1,92]	–3,30 [–3,98; –2,67]	0,0028
	701–939	–1,75 [–2,46; –1,04]	–0,96 [–1,80; –0,34]	0,0002
Рz	240–377	–2,46 [–3,50; –1,75]	–3,71 [–4,60; –2,88]	0,0010
	696–945	–2,62 [–3,44; –1,65]	–1,16 [–1,99; –0,74]	0,0002
Т5	271–347	1,83 [1,01; 3,70]	1,47 [0,72; 2,49]	0,0086
	732–943	–1,58 [–2,56; –0,83]	–1,08 [–1,32; –0,42]	0,0002
Т6	280–390	–1,30 [–1,75; –0,85]	–2,08 [–2,57; –1,23]	0,0062
	719–946	–1,30 [–2,12; –0,74]	–0,85 [–1,15; –0,54]	0,0002

Статистически значимые различия между условиями ($p < 0,01$) были выявлены для кластера, которому соответствует компонент N400, в центральных (С3, Сz), теменных (Р3, Р4 и Рz) и задневисочных (Т6) отведениях. При этом большая амплитуда компонента регистрировалась в ответ на предъявление нецелевых существительных по сравнению с целевыми.

Поздняя негативная волна N700 демонстрировала более выраженный ответ на целевые существительные в центральных (С3, С4, Сz), задневисочных (Т5, Т6) и теменных (Р3, Р4, Рz)

Таким образом, не выявлено статистически значимых различий между целевыми и нецелевыми определениями, в то время как были обнаружены различия между целевыми и нецелевыми существительными: на ранних этапах после предъявления целевых существительных наблюдалось увеличение амплитуды Р200, а на последующих этапах – уменьшение амплитуды N400, а также увеличение амплитуды поздней негативной волны N700. Наиболее наглядно изменения данных компонентов могут быть продемонстрированы в левом теменном отведении (см. рисунок).



Пример кривых ССП, усредненных по группе ($n = 25$), в левом теменном отведении (P3) для двух экспериментальных условий предъявления существительных: сплошная линия – в ответ на целевые существительные, пунктирная – в ответ на нецелевые. Кластеры со статистически значимыми различиями ($p < 0,05$) выделены серым цветом

An example of group-averaged ($n = 25$) ERP curves in the left parietal lead (P3) for two experimental conditions of noun presentation: solid line – in response to target nouns, dashed line – in response to non-target nouns. Clusters with statistically significant differences ($p < 0.05$) are highlighted in grey

Обсуждение. В данном исследовании рассматривались нейрофизиологические корреляты обработки мозгом слов, находящихся в составе согласованного словосочетания. Сравнились обработка существительных во время их семантической категоризации (целевое условие) и пассивного чтения (нецелевое условие), а также обработка предшествующих им определений. Оказалось, что первое слово в паре (определение) не влияет на чувствительность к смене поведенческой задачи и процесс его анализа не демонстрирует нейрофизиологических различий между эксплицитным и имплицитным заданием. В то же время при сравнении заданий пассивного чтения и категоризации существительных было получено увеличение амплитуды компонента P200 наряду с уменьшением амплитуды компонента N400 в целевом условии по сравнению с нецелевым. Можно предположить, что за более выраженной активацией раннего лексического доступа (компонент P200) последовало облегчение

дальнейшей лексико-семантической обработки существительных (компонент N400) во время их категоризации. Результаты других лингвистических исследований также демонстрируют увеличение амплитуды компонента P200 наряду с уменьшением амплитуды компонента N400 в ответ на одну и ту же группу стимулов [2, 18], что может свидетельствовать о взаимосвязи данных компонентов между собой. Кроме того, в публикации И.Р. Ильюченко с соавт. [19], которые в своем исследовании также применяли имплицитное и эксплицитное задания, на графиках можно пронаблюдать увеличение амплитуды компонента P200 с последующим уменьшением амплитуды компонента N400 для слов, подвергавшихся категоризации, хотя сравнение ССП на слова в эксплицитном и имплицитном условии не входило в задачи эксперимента. Однако в нашей работе изменение задания оказало влияние только на второе слово в согласованном словосочетании, при этом для первого слова не наблюдалось никаких различий в зависимости

от типа задания. Возможно, сама необходимость переключения от эксплицитного задания к имплицитному изменяла лексико-семантическую обработку второго слова. Перед нецелевым существительным обследуемый каждый раз проводил категоризацию определения. Можно предположить, что семантические ассоциации, извлеченные во время категоризации первого слова, затормаживали автоматизацию обработки последующего слова.

Помимо компонентов Р200 и N400, различия между эксплицитной и имплицитной задачами в отношении слова были зафиксированы для компонента N700. Как и в нашем предыдущем исследовании [14], был выявлен выраженный поздний отрицательный компонент, начинающий формироваться в центральных и теменных отведениях во время категоризации существительных (спустя примерно 700 мс). Эти данные согласуются с имеющимися сведениями о компоненте N700, который связан с дополнительным функционированием внимания и памяти после сознательного распознавания стимула и демонстрирует рост амплитуды, когда стимул привлекает внимание или когда он запоминается, и, наоборот, ее уменьшение при пассивном восприятии стимулов [11–13]. Представленное исследование рассматривало также обработку первого слова в согласованном словосочетании в целевом и нецелевом условии, но не выявило формирования поздней негативной волны во время категоризации определений по сравнению с их пассивным прочтением. Возможно, процессы когнитивного контроля усиливаются при восприятии целевого слова, связанного с контекстом, как происходит при категоризации второго слова. Однако неясно, обусловлено ли это только позицией слова в согласованном словосочетании или связано с лексическими особенностями стимульного материала.

Более выраженная реакция на целевые существительные может наблюдаться в связи с тем, что существительные являются обязатель-

ными компонентами фраз и предложений и обозначают конкретные реальные объекты, а потому имеют большее биологическое значение в качестве целевых стимулов, и, следовательно, их обработка требует мобилизации внимания и извлечения большего количества информации из памяти. Таким образом, было показано, что компонент N700 чувствителен к изменению когнитивной задачи и проявляется при выполнении эксплицитного задания, однако это оказалось верным не для всех типов стимулов.

Все вышеизложенное позволяет сделать следующие выводы:

1. Обработка первого слова (определения) в рамках согласованного словосочетания не модулируется разными когнитивными задачами. Однако переключение от эксплицитного задания к имплицитному внутри согласованного словосочетания изменяет лексико-семантическую обработку второго слова (существительного).

2. Во время категоризации существительных происходит усиление раннего лексического доступа с последующим облегчением лексико-семантической обработки и формированием поздней негативной волны по сравнению с пассивным чтением.

3. На самых поздних этапах обработки вербальной информации происходит активация механизмов когнитивного контроля во время категоризации второго слова в согласованном словосочетании по сравнению с его пассивным прочтением.

В качестве предпосылок к дальнейшему развитию данной темы следует отметить, что сравнительное исследование имплицитной и эксплицитной обработки вербальной информации может быть перспективно в отношении психических заболеваний, в частности шизофрении и связанных с ней состояний, поскольку у лиц, имеющих данную патологию, в условиях с неявной задачей можно предположить появление избыточных ассоциаций, что может лежать в основе позитивной симптоматики.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Список литературы

1. Raucher-Chéné D., Terrien S., Gobin P., Gierski F., Caillies S., Kaladjian A., Besche-Richard C. Differential Semantic Processing in Patients with Schizophrenia versus Bipolar Disorder: An N400 Study // *Acta Neuropsychiatr.* 2019. Vol. 31, № 6. P. 337–342. <https://doi.org/10.1017/neu.2019.9>
2. Stuellein N., Radach R.R., Jacobs A.M., Hofmann M.J. No One Way Ticket from Orthography to Semantics in Recognition Memory: N400 AND P200 Effects of Associations // *Brain Res.* 2016. Vol. 1639. P. 88–98. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2016.02.029>
3. Brouwer H., Crocker M.W., Venhuizen N.J., Hoeks J.C.J. A Neurocomputational Model of the N400 and the P600 in Language Processing // *Cogn. Sci.* 2017. Vol. 41, № S6. P. 1318–1352. <https://doi.org/10.1111/cogs.12461>
4. Delogu F., Brouwer H., Crocker M.W. Event-Related Potentials Index Lexical Retrieval (N400) and Integration (P600) During Language Comprehension // *Brain Cogn.* 2019. Vol. 135. Art. № 103569. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2019.05.007>
5. Neves E.P., Cravo A.M., Carthery-Goulart M.T. Functionality of the N400 Component and Its Application in Studies of Figurative Language Processing: A Systematic Review // *Rev. Ling. Foco.* 2022. Vol. 13, № 4. P. 204–229. <http://dx.doi.org/10.46230/2674-8266-13-7263>
6. Aurnhammer C., Delogu F., Brouwer H., Crocker M.W. The P600 as a Continuous Index of Integration Effort // *Psychophysiology.* 2023. Vol. 60, № 9. Art. № e14302. <https://doi.org/10.1111/psyp.14302>
7. Марьина И.В., Стрелец В.Б. Влияние смыслового содержания вербальных стимулов и их значимости на вызванные потенциалы мозга // *Журн. высш. нерв. деятельности им. И.П. Павлова.* 2010. Т. 60, № 1. P. 22–31.
8. Shang M., Debrulle J.B. N400 Processes Inhibit Inappropriately Activated Representations: Adding a Piece of Evidence from a High-Repetition Design // *Neuropsychologia.* 2013. Vol. 51, № 10. P. 1989–1997. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.06.006>
9. Kreher D.A., Goff D., Kuperberg G.R. Why All the Confusion? Experimental Task Explains Discrepant Semantic Priming Effects in Schizophrenia Under “Automatic” Conditions: Evidence from Event-Related Potentials // *Schizophr. Res.* 2009. Vol. 111, № 1–3. P. 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2009.03.013>
10. Balconi M., Pozzoli U. N400 and P600 or the Role of the ERP Correlates in Sentence Comprehension: Some Applications to the Italian Language // *J. Gen. Psychol.* 2004. Vol. 131, № 3. P. 268–303. <https://doi.org/10.3200/genp.131.3.268-303>
11. Althen H., Banaschewski T., Brandeis D., Bender S. Stimulus Probability Affects the Visual N700 Component of the Event-Related Potential // *Clin. Neurophysiol.* 2020. Vol. 131, № 3. P. 655–664. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.11.059>
12. Hecht M., Thiemann U., Freitag C.M., Bender S. Time-Resolved Neuroimaging of Visual Short Term Memory Consolidation by Post-Perceptual Attention Shifts // *NeuroImage.* 2016. Vol. 125. P. 964–977. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.11.013>
13. Bender S. P 17 Neural Signatures of Post-Perceptual Attention and Selective Working Memory Encoding // *Clin. Neurophysiol.* 2017. Vol. 128, № 10. P. e334–e335. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2017.06.096>
14. Проудиус П.А., Нужина Н.С., Мухина И.В. Лексические и регулятивные особенности переработки зрительной вербальной информации в простом контексте // *Вестн. новых мед. технологий.* 2017. Т. 24, № 4. С. 157–162. https://doi.org/10.12737/article_5a38fc3a38f3f0.18058568
15. Treiman R. Linguistics and Reading // *Handbook of Linguistics* / ed. by M. Aronoff, J. Rees-Miller. Oxford: Wiley-Blackwell, 2017. P. 617–626.
16. Noesselt T., Shah N.J., Jäncke L. Top-Down and Bottom-Up Modulation of Language Related Areas – an fMRI Study // *BMC Neurosci.* 2003. Vol. 4. Art. № 13. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-4-13>
17. Maris E., Oostenveld R. Nonparametric Statistical Testing of EEG- and MEG-Data // *J. Neurosci. Methods.* 2007. Vol. 164, № 1. P. 177–190. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2007.03.024>
18. Jankowiak K., Rataj K., Naskrecki R. To Electrify Bilingualism: Electrophysiological Insights into Bilingual Metaphor Comprehension // *PLoS One.* 2017. Vol. 12, № 4. Art. № e0175578. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175578>
19. Ильюченко И.П., Сысоева О.В., Ивањицкий А.М. Две семантические системы мозга для быстрого и медленного различения абстрактных и конкретных слов // *Журн. высш. нерв. деятельности им. И.П. Павлова.* 2007. Т. 57, № 5. P. 566–575.

References

1. Raucher-Chéné D., Terrien S., Gobin P., Gierski F., Caillies S., Kaladjian A., Besche-Richard C. Differential Semantic Processing in Patients with Schizophrenia versus Bipolar Disorder: An N400 Study. *Acta Neuropsychiatr.* 2019, vol. 31, no. 6, pp. 337–342. <https://doi.org/10.1017/neu.2019.9>

2. Stuellein N., Radach R.R., Jacobs A.M., Hofmann M.J. No One Way Ticket from Orthography to Semantics in Recognition Memory: N400 and P200 Effects of Associations. *Brain Res.*, 2016, vol. 1639, pp. 88–98. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2016.02.029>
3. Brouwer H., Crocker M.W., Venhuizen N.J., Hoeks J.C.J. A Neurocomputational Model of the N400 and the P600 in Language Processing. *Cogn. Sci.*, 2017, vol. 41, no. S6, pp. 1318–1352. <https://doi.org/10.1111/cogs.12461>
4. Delogu F., Brouwer H., Crocker M.W. Event-Related Potentials Index Lexical Retrieval (N400) and Integration (P600) During Language Comprehension. *Brain Cogn.*, 2019, vol. 135. Art. no. 103569. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2019.05.007>
5. Neves E.P., Cravo A.M., Carthery-Goulart M.T. Functionality of the N400 Component and Its Application in Studies of Figurative Language Processing: A Systematic Review. *Rev. Ling. Foco*, 2022, vol. 13, no. 4, pp. 204–229. <http://dx.doi.org/10.46230/2674-8266-13-7263>
6. Aurnhammer C., Delogu F., Brouwer H., Crocker M.W. The P600 as a Continuous Index of Integration Effort. *Psychophysiology*, 2023, vol. 60, no. 9. Art. no. e14302. <https://doi.org/10.1111/psyp.14302>
7. Mar'ina I.V., Strelets V.B. Vliyanie smyslovogo sodержaniya verbal'nykh stimulov i ikh znachimosti na vyzvannye potentsialy mozga [Verbal Stimuli Semantics and Relevance of ERPs]. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti im. I.P. Pavlova*, 2010, vol. 60, no. 1, pp. 22–31.
8. Shang M., Debrulle J.B. N400 Processes Inhibit Inappropriately Activated Representations: Adding a Piece of Evidence from a High-Repetition Design. *Neuropsychologia*, 2013, vol. 51, no. 10, pp. 1989–1997. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.06.006>
9. Kreher D.A., Goff D., Kuperberg G.R. Why All the Confusion? Experimental Task Explains Discrepant Semantic Priming Effects in Schizophrenia Under “Automatic” Conditions: Evidence from Event-Related Potentials. *Schizophr. Res.*, 2009, vol. 111, no. 1–3, pp. 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2009.03.013>
10. Balconi M., Pozzoli U. N400 and P600 or the Role of the ERP Correlates in Sentence Comprehension: Some Applications to the Italian Language. *J. Gen. Psychol.*, 2004, vol. 131, no. 3, pp. 268–303. <https://doi.org/10.3200/genp.131.3.268-303>
11. Althen H., Banaschewski T., Brandeis D., Bender S. Stimulus Probability Affects the Visual N700 Component of the Event-Related Potential. *Clin. Neurophysiol.*, 2020, vol. 131, no. 3, pp. 655–664. <http://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.11.059>
12. Hecht M., Thiemann U., Freitag C.M., Bender S. Time-Resolved Neuroimaging of Visual Short Term Memory Consolidation by Post-Perceptual Attention Shifts. *NeuroImage*, 2016, vol. 125, pp. 964–977. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.11.013>
13. Bender S. P 17 Neural Signatures of Post-Perceptual Attention and Selective Working Memory Encoding. *Clin. Neurophysiol.*, 2017, vol. 128, no. 10, pp. e334–e335. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2017.06.096>
14. Prodius P.A., Nuzhina N.S., Mukhina I.V. Leksicheskie i regulativnyye osobennosti pererabotki zritel'noy verbal'noy informatsii v prostom kontekste [Lexical and Regulative Features of Processing Visual Verbal Information in Simple Context]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*, 2017, vol. 24, no. 4, pp. 157–162. https://doi.org/10.12737/article_5a38fc3a38f3f0.18058568
15. Treiman R. Linguistics and Reading. Aronoff M., Rees-Miller J. (eds.). *Handbook of Linguistics*. Oxford, 2017, pp. 617–626.
16. Noesselt T., Shah N.J., Jäncke L. Top-Down and Bottom-Up Modulation of Language Related Areas – an fMRI Study. *BMC Neurosci.*, 2003, vol. 4. Art. no. 13. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-4-13>
17. Maris E., Oostenveld R. Nonparametric Statistical Testing of EEG- and MEG-Data. *J. Neurosci. Methods*, 2007, vol. 164, no. 1, pp. 177–190. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2007.03.024>
18. Jankowiak K., Rataj K., Naskręcki R. To Electrify Bilingualism: Electrophysiological Insights into Bilingual Metaphor Comprehension. *PLoS One*, 2017, vol. 12, no. 4. Art. no. e0175578. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175578>
19. Il'yuchenok I.R., Sysoeva O.V., Ivanitskiy A.M. Dve semanticheskie sistemy mozga dlya bystrogo i medlennogo razlicheniya abstraktnykh i konkretnykh slov [Two Semantic Brain Systems for Rapid and Slow Differentiation of the Abstract and Concrete Words]. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti im. I.P. Pavlova*, 2007, vol. 57, no. 5, pp. 566–575.

Поступила в редакцию 25.09.2023 / Одобрена после рецензирования 29.01.2024 / Принята к публикации 05.02.2024.
Submitted 25 September 2023 / Approved after reviewing 29 January 2024 / Accepted for publication 5 February 2024.