

ВЫЯВЛЕНИЕ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ ОБРАБОТКИ ВЕРБАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА КОГНИТИВНЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РАССТРОЙСТВ ШИЗОФРЕНИЧЕСКОГО СПЕКТРА

DOI: 10.17691/stm2022.14.6.06

УДК 616.895.8–073.756.6

Поступила 4.08.2022 г.

© **Н.С. Нужина**, ассистент кафедры нормальной физиологии им. Н.Ю. Беленкова¹;
П.А. Продиус, к.б.н., доцент кафедры нормальной физиологии им. Н.Ю. Беленкова¹;
доцент кафедры физиологии и анатомии Института биологии и биомедицины²;
И.В. Мухина, д.б.н., профессор, зав. кафедрой нормальной физиологии им. Н.Ю. Беленкова¹;
профессор кафедры нейротехнологий Института биологии и биомедицины²

¹Приволжский исследовательский медицинский университет, пл. Минина и Пожарского, 10/1, Н. Новгород, 603005;

²Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, пр. Гагарина, 23, Н. Новгород, 603950

Цель исследования — выявление нейрофизиологических маркеров обработки информации, чувствительных к нарушению вербального мышления у лиц с шизотипической организацией личности, с помощью метода когнитивных вызванных потенциалов.

Материалы и методы. Исследовали когнитивные вызванные потенциалы у 40 студентов высшей школы с высокими и низкими (контроль) баллами, полученными по опроснику для выявления шизотипических черт личности SPQ (Schizotypal Personality Questionnaire), в ответ на предъявление зрительной вербальной информации в виде согласованных словосочетаний. В первой серии предъявлений необходимо было отнести определение к одной из категорий, а существительное прочесть про себя (нецелевое условие). Во второй серии определение следовало прочесть про себя, а затем выполнить категоризацию следующего за ним существительного (целевое условие). Проводили кластерный анализ кривых вызванных потенциалов, которые были получены в ответ на предъявление существительных в целевом и нецелевом условиях, в группах участников с высокими и низкими баллами, набранными по опроснику SPQ.

Результаты. Обработка вербального стимула в условиях пассивного чтения и в условиях категоризации слов в рамках простого контекста показала, что в группе с низкими баллами по опроснику шизотипии наблюдается латерализация компонента N150 в левую сторону в отличие от группы с высокими баллами. В этой группе также выявлено увеличение амплитуды компонента N400 в ответ на слова в случае их пассивного прочтения по сравнению с условием категоризации. Напротив, в группе с высокими баллами шизотипии компонент N400 не проявил чувствительности к типу задания, т.е. оказались не выражены нейрофизиологические различия между чтением и выполнением задания по категоризации стимулов. У этих лиц обнаружено снижение амплитуды позднего позитивного компонента по сравнению с группой контроля в условиях пассивного чтения слов. В обеих группах участников зафиксировано увеличение амплитуды поздней негативной волны в ответ на целевые слова, подвергавшиеся категоризации, по сравнению с чтением. У обследуемых с шизотипией наблюдается недостаточность латерализации языка и дефицит, связанный с языковыми сетями, автоматически активирующимися на начальном этапе распознавания слов. Кроме того, у этих лиц обработка информации на этапе лексико-семантических процессов слабо модулируется заданием, предъявляющим разные требования к уровню контроля умственной деятельности. При шизотипии также возможно некоторое снижение активации мнестических процессов, что проявляется во время пассивного прочтения слов, но не в условиях их категоризации.

Заключение. Проведенное исследование может служить отправной точкой для более детального и долгосрочного изучения фундаментальных механизмов нарушения обработки информации в процессе формирования клинически выраженной патологии. В прикладном плане работа может рассматриваться как вклад в продолжающийся поиск нейрофизиологических маркеров ранней диагностики расстройств шизофренического спектра.

Ключевые слова: шизотипия; когнитивные вызванные потенциалы; обработка зрительной вербальной информации; семантическая категоризация; контроль умственной деятельности.

Для контактов: Нужина Наталья Сергеевна, e-mail: nuzhina_ns@mail.ru

Как цитировать: Nuzhina N.S., Prodius P.A., Mukhina I.V. Identification of neurophysiological markers of verbal information processing using cognitive evoked potentials for studying schizophrenia spectrum disorders. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2022; 14(6): 53, <https://doi.org/10.17691/stm2022.14.6.06>

English

Identification of Neurophysiological Markers of Verbal Information Processing Using Cognitive Evoked Potentials for Studying Schizophrenia Spectrum Disorders

N.S. Nuzhina, Assistant, Department of Normal Physiology named after N.Yu. Belenkov¹;

P.A. Prodius, PhD, Associate Professor, Department of Normal Physiology named after N.Yu. Belenkov¹;
Associate Professor, Department of Physiology and Anatomy, Institute of Biology and Biomedicine²;

I.V. Mukhina, DSc, Professor, Head of the Department of Normal Physiology named after N.Yu. Belenkov¹;
Professor, Department of Neurotechnologies, Institute of Biology and Biomedicine²

¹Privolzhsky Research Medical University, 10/1 Minin and Pozharsky Square, Nizhny Novgorod, 603005, Russia;

²Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, 23 Prospekt Gagarina, Nizhny Novgorod, 603950, Russia

The aim of the study is to identify neurophysiological markers of information processing sensitive to verbal thinking impairment in persons with schizotypal personality organization using the method of cognitive evoked potentials.

Materials and Methods. Cognitive evoked potentials were studied in 40 students of higher school with high and low (control) scores obtained on the Schizotypal Personality Questionnaire (SPQ) in response to the presentation of visual verbal information in the form of agreed word-combinations. In the first series of presentations, it was necessary to refer the attribute to one of the categories and to read the noun silently (non-target condition). In the second series, the attribute should be read silently, and then the following noun has to be categorized (target condition). There has been performed a cluster analysis of the evoked potential curves obtained in response to the noun presentation in the target and non-target conditions in the groups of participants with high and low scores gained on SPQ.

Results. Processing of the verbal stimulus under passive reading conditions and under the conditions of word categorization within the frameworks of a simple context has shown that in the group with low scores on the schizotypal questionnaire, lateralization of the N150 component to the left side was observed in contrast to the group with high scores. In this group, increase of the N400 component amplitude was found in response to the words presented for their passive reading in comparison with the categorization condition. On the contrary, in the group with high schizotypy scores, the N400 component appeared to be insensitive to the type of the task, i.e. neurophysiological differences were not expressed between reading and performing stimuli categorization task. These persons were found to have the decreased amplitude of the late positive component as compared to the control group under the condition of passive reading of the words. Increase of the late negative wave amplitude was registered in response to the target words subjected to categorization in comparison with reading in both groups of participants. Insufficiency of language lateralization and deficit connected with the language networks being activated automatically at the initial stage of word recognition are observed in the examined persons with schizotypy. Additionally, processing of the information in these persons at the stage of lexical-semantic processes is weakly modulated by the task imposing different requirements on the level of mental activity control. Some reduction of mnemonic process activation is also possible, which is manifested during passive reading of the words, but not in the conditions of their categorization.

Conclusion. The research conducted may serve as a starting point for a more detailed and long-term study of the fundamental mechanisms of impairment in information processing in the course of clinically evident pathology formation. In the applied aspect, the work may be considered as a contribution to the ongoing search for neurophysiological markers for early diagnosis of schizophrenia spectrum disorders.

Key words: schizotypy; cognitive evoked potentials; processing of visual verbal information; semantic categorization; control of mental activity.

Введение

Понятие «шизотипия» характеризует особый тип организации личности с проявлениями, схожими с теми, которые наблюдаются при расстройствах спектра шизофрении, однако выраженными в меньшей степени [1]. Показано, что лица, набравшие высокие баллы по психометрическим показателям шизотипии, подвергаются повышенному риску развития шизофрении и психозов, связанных с шизофренией [2]. В связи с этим концепция шизотипической организации лично-

сти интересна в качестве начального звена базы для исследования процесса формирования расстройств шизофренического спектра, расширения понимания особенностей ментальной деятельности и протекания когнитивных процессов в данном континууме расстройств.

Известно, что расстройство мышления является характерной чертой шизофрении [3] и шизотипии [4]. Особенности протекания когнитивных операций могут быть отражены с помощью регистрации вызванных потенциалов головного мозга, представляющих собой

вызванную электрическую активность нейронов, связанную с обработкой стимула. Для оценки процессов обработки вербальной информации традиционно рассматриваются такие компоненты вызванных потенциалов, как N400 и поздний позитивный компонент.

Компонент N400 представляет собой негативную волну, формирующую пик примерно через 400 мс после начала подачи стимула. Эту волну связывают с контекстно-зависимыми процессами лексического поиска [5] или с трудностями семантической интеграции слова в контекст [6]. Компонент также чувствителен к релевантности стимулов заданию и более выражен по амплитуде в ответ на неконгруэнтные заданию стимулы [7]. Литературные данные говорят о высокой чувствительности компонента N400 к расстройствам мыслительной деятельности как при шизофрении, так и при шизотипии. Дефицит семантической обработки стимулов у лиц с шизофренией и шизотипической организацией личности проявляется в снижении эффекта семантического прайминга [8–13], однако есть исследования, сообщающие об увеличении эффекта прайминга при неконгруэнтных стимулах в случае более автоматизированной обработки информации [14–16].

Поздний позитивный компонент (500–700 мс после начала стимула) связывают с функционированием эпизодической памяти, запоминанием ранее представленной информации, формированием следов памяти, при этом амплитуда компонента увеличивается в случае повторного предъявления стимулов и успешного распознавания запомненных обследуемым стимулов [17–20]. Подавляющее большинство исследований демонстрирует снижение амплитуды позднего позитивного компонента при расстройствах шизофренического спектра [8, 13, 21].

Поздние негативные компоненты остаются менее изученными, тем не менее известно, что во время обработки вербального материала в электрической активности на более поздних временных этапах (700–1500 мс) наблюдаются изменения в ответ на предъявление целевых слов относительно нецелевых стимулов [22, 23]. Среди поздних негативных компонентов, которые могут проявить чувствительность к целевым и нецелевым условиям предъявления, можно выделить компонент N700. Его связывают с дополнительным функционированием внимания и памяти после сознательного распознавания стимула. Амплитуда компонента увеличивается, когда стимул привлекает внимание или когда запоминается, и, наоборот, уменьшается при пассивном восприятии [24, 25].

В нашем исследовании мы поставили задачу изучить характеристики компонентов вызванных потенциалов на разных этапах обработки мозгом вербальной информации: в более автоматизированных условиях и в условиях, требующих активации механизмов когнитивного контроля, а также выявить возможные изменения этих характеристик у лиц с шизотипической организацией личности, поскольку данный

аспект остается недостаточно изученным и в литературе представлены противоречивые данные. Так, одни исследователи подтверждают наличие феномена гиперактивации в семантических сетях в условиях более автоматизированной обработки информации у лиц с шизотипическим расстройством личности [26]. Другие обнаруживают изменения в произвольной регуляции и не находят таких изменений во время более автоматизированной обработки у лиц с высокой шизотипией [27]. М. Kiang и соавт. [12] демонстрируют снижение эффекта прайминга у лиц с высоким уровнем шизотипии как в условиях более автоматизированной, так и в условиях более произвольной обработки информации.

Пассивное чтение вербальной информации, не подразумевающее выполнения дополнительных заданий, представляется процессом более автоматизированным и использующим в первую очередь механизмы нисходящего контроля [28]. В свою очередь задание семантической категоризации предъявляемых стимулов активирует произвольный контроль. Подобный фактор вариации задания был использован в лингвистической парадигме во время восприятия речи на слух [29]. В нашей работе мы также использовали этот фактор применительно к обработке зрительной вербальной информации и исследовали когнитивные вызванные потенциалы (КВП) в условиях более автоматизированной обработки вербальных стимулов (пассивное чтение) и в условиях, требующих активации систем контроля когнитивных функций (семантическая категоризация). В качестве вербальных стимулов использовали слова в минимальном композиционном контексте, а именно словосочетания, поскольку их обработка позволяет обнаруживать изменения, которые не наблюдаются при обработке отдельных изолированных слов или слов, композиционно не связанных между собой [30].

Наше исследование было направлено не на анализ средних значений амплитуд конкретных компонентов вызванных потенциалов, а на выявление с помощью кластерного анализа тех этапов обработки информации, которые оказываются чувствительными к изменению задания внутри групп, а также демонстрируют межгрупповые различия в целевом и нецелевом условиях предъявления вербального стимула. Получение дополнительных знаний об условиях, в которых тот или иной компонент вызванных потенциалов проявляет чувствительность к особенностям обработки вербального стимула у лиц с шизотипическими чертами, представляется необходимым вкладом в дальнейший поиск нейрофизиологических маркеров формирования патологии шизофренического спектра.

Цель нашего исследования состояла в выявлении нейрофизиологических маркеров обработки информации, чувствительных к нарушению вербального мышления у лиц с шизотипической организацией личности, с помощью метода когнитивных вызванных потенциалов.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие студенты естественно-научного профиля в возрасте от 19 до 25 лет с нормальным или скорректированным зрением. Для проведения исследования получено разрешение локального этического комитета при Приволжском исследовательском медицинском университете (Н. Новгород). Участники были предварительно ознакомлены с процедурой исследования и дали согласие на участие в нем.

С целью выявления лиц с шизотипической организацией был использован опросник для определения шизотипических черт личности SPQ (Schizotypal Personality Questionnaire) [31]. Проанализированы результаты скрининга 185 человек. По количеству набранных баллов была выведена медиана, которая составила 20 баллов. В соответствии с этим значением в группу контроля ($n=20$) отнесены участники, набравшие от 19,5 баллов и ниже. В группу с высокими баллами ($n=20$) принято решение отнести участников, набравших более 30 баллов, чтобы проанализировать данные, полученные от лиц с более выраженными признаками.

Регистрацию вызванных потенциалов проводили с помощью многофункционального компьютерного комплекса «Нейрон-Спектр-4/ВПМ» («Нейрософт», Россия) от лобных (Fp1, Fp2, F7, F8, F3, F4, Fz), центральных (C3, C4, Cz), теменных (P3, P4, Pz) и задневисочных (T5, T6) активных электродов. Использовали два ипсилатеральных референта, один из которых располагался на правом, а другой — на левом мастоидном отростке височной кости. Заземляющий электрод располагали на вертексе. Сопротивление — менее 10 кОм.

Участникам было предложено две серии предъявлений вербальных стимулов, каждая из которых включала подачу 60 пар слов, представляющих собой согласованные словосочетания. Средняя длина предъявляемых существительных в первой серии составила $6,03 \pm 0,97$ букв, во второй серии — $5,72 \pm 1,14$. Средняя частота употреблений существительных в первой серии составила $19,64 \pm 18,16$ на миллион, а во второй серии — $16,78 \pm 23,16$ на миллион [32]. В первой серии предъявлений необходимо было отнести определение к одной из категорий (выражающих качественную или порядковую характеристику), а существительное прочесть про себя. Во второй серии нужно было прочесть определение про себя, а затем отнести существительное к одной из семантических категорий (инструментам или интерьеру). Каждое слово предъявлялось на экране в течение 1200 мс. Отвечать нужно было нажатием на соответствующую клавишу клавиатуры при появлении вопросительного знака. В первой серии существительные являлись нецелевыми стимулами, а во второй — целевыми.

Из исходных записей ЭЭГ вручную удаляли окулографические, миографические, двигательные и иные

артефакты. Для усреднения использовали интервалы от 0 до 1200 мс после предъявления стимула. Число усреднений на каждый тип стимула для каждого обследуемого составляло от 30 до 40. В группах участников, набравших высокие и низкие баллы по опроснику SPQ, проводили сравнение кривых вызванных потенциалов в ответ на предъявление существительных в условиях категоризации (целевое условие) и в условиях пассивного чтения (нецелевое условие).

Статистическую обработку данных выполняли с помощью программы SPSS Statistics 22.0 и пакета MNE 23.0 для языка программирования Python 3.9. Проверку нормальности распределения осуществляли с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. С целью выявления пространственно-временных паттернов различий вызванных потенциалов был применён непараметрический кластерный анализ [33], реализованный в пакете MNE 23.0 для языка Python 3.9. Коррекцию на множественные сравнения проводили с помощью критерия перестановок [33]. Для формирования кластеров использовали порог, соответствующий $p=0,05$. Уровень статистической значимости кластера определяли на основе 10000 перестановок. Статистически значимыми считали различия при $p<0,05$. Результаты представлены в виде Me [Q1; Q3].

Результаты

Поведенческие данные. Среднее время ответа на целевые существительные у обследуемых с высокими баллами по опроснику шизотипии SPQ составило $0,45$ [0,36; 0,66] мс, а у участников с низкими баллами — $0,48$ [0,33; 0,65] мс, при этом статистически значимых различий не выявлено ($p>0,05$).

Электрофизиологические данные. В группе участников с низкими баллами по опроснику SPQ в нецелевом условии были получены статистически значимые амплитудные различия между отведениями T5 и T6 ($p<0,05$) для негативного компонента в интервале от 157 до 220 мс. Наблюдалась латерализация компонента в левую сторону. В группе участников с высокими баллами межполушарных различий не выявлено.

В ходе сравнения компонентов вызванных потенциалов в группе участников с низкими баллами по опроснику SPQ установлены статистически значимые различия между кривыми КВП в условиях категоризации и пассивного чтения для кластеров, которым соответствует компонент N400 (табл. 1), в центральных (C3, C4, Cz, $p<0,01$), теменных (P3, P4, Pz, $p<0,01$) и правом задневисочном (T6, $p<0,01$) отведениях. Амплитуда компонента в ответ на нецелевые стимулы была выше, чем на целевые. В этой группе участников в целевом и нецелевом условиях получены статистически значимые межполушарные амплитудные различия в отведениях T5 и T6 ($p<0,05$) в кластерах, которым соответствует компонент N400. При этом

Таблица 1

Результаты кластерного анализа, полученные в ходе сравнения кривых когнитивных вызванных потенциалов в целевых и нецелевых условиях у участников с низкими и высокими баллами по опроснику SPQ

Отведение	Группа участников с низкими баллами				Группа участников с высокими баллами			
	Интервал КВП, мс*	Me [Q1; Q3]		p (после коррекции на множественные сравнения)	Интервал КВП, мс*	Me [Q1; Q3]		p (после коррекции на множественные сравнения)
	Целевое слово	Нецелевое слово			Целевое слово	Нецелевое слово		
F3	679–814	0,44 [0,16; 0,63]	1,05 [1,0; 1,50]	0,0078				
C3	235–380	-1,61 [-1,69; 0,32]	-2,80 [-3,21; -1,86]	0,001	767–874	-0,61 [-0,74; -0,42]		0,0056
	660–887	-0,44 [-0,59; -0,01]	0,68 [0,40; 0,91]	0,0002		0,39 [0,36; 0,48]		
C4	241–379	-1,39 [-1,52; -0,28]	-2,51 [-2,73; -1,98]	0,0044	766–887	-0,38 [-0,60; -0,16]	0,63 [0,61; 0,67]	0,0056
Cz	199–369	-1,56 [-2,47; 1,03]	-3,27 [-3,81; -1,01]	0,0004				
	663–824	-0,01 [-0,27; 0,48]	1,29 [1,19; 1,73]	0,0006				
P3	236–378	-0,004 [-0,68; 1,86]	-2,11 [-2,49; -0,39]	0,0018	717–951	-0,72 [-0,85; -0,56]		0,0002
	657–909	-1,0 [-1,19; -0,64]	0,47 [0,31; 0,65]	0,0002		0,37 [0,22; 0,74]		
P4	238–382	-0,17 [-0,92; 1,18]	-1,87 [-2,52; -1,08]	0,001	737–925	-0,37 [-0,60; -0,13]		0,0002
	701–939	-0,82 [-0,95; -0,67]	0,35 [0,24; 0,43]	0,001		0,56 [0,46; 0,65]		
Pz	235–383	-0,50 [-0,60; 1,06]	-2,41 [-2,70; -1,94]	0,0008	797–940	-0,84 [-1,04; -0,76]		0,002
	741–902	-1,25 [-1,33; -1,17]	0,44 [0,29; 0,47]	0,0024		0,45 [0,29; 0,61]		
T5	813–907	-0,97 [-1,12; -0,80]	0,14 [-0,01; 0,32]	0,0178	848–964	-0,43 [-0,48; -0,37]	0,23 [0,21; 0,30]	0,0054
T6	267–393	0,40 [-0,08; 1,26]	-0,75 [-0,96; 0,08]	0,0056	823–924	-0,35 [-0,38; -0,29]		0,024
	798–993	-0,52 [-0,58; -0,35]	0,11 [0,08; 0,18]	0,0012		0,30 [0,29; 0,38]		

* представлены только те интервалы, в которых были выявлены статистически значимые различия кривых когнитивных вызванных потенциалов ($p < 0,05$) в ответ на предъявление целевых и нецелевых существительных. Строчки, не содержащие данных, свидетельствуют о том, что статистически значимых различий в данных отведениях не выявлено. З д е с ь: КВП — когнитивные вызванные потенциалы.

наблюдалась латерализация компонента в правую сторону. В ходе сравнения кривых КВП в группе обследуемых с высокими баллами по опроснику SPQ не выявлено статистически значимых различий между амплитудой волны N400 в целевом и нецелевом условиях предъявления, а также между амплитудой этой волны в правом и левом полушариях.

Кривые вызванных потенциалов для целевого и нецелевого условия в группах с высокими и низкими

баллами по опроснику SPQ приведены в качестве примера на рис. 1.

В нецелевом условии в группах установлены статистически значимые амплитудные различия ($p < 0,05$) в кластере, которому соответствует компонент N400 (отведение F3, 290–378 мс), при этом амплитуда волны оказалась более выраженной в группе с низкими баллами по опроснику по сравнению с группой участников, набравших высокие баллы (табл. 2).

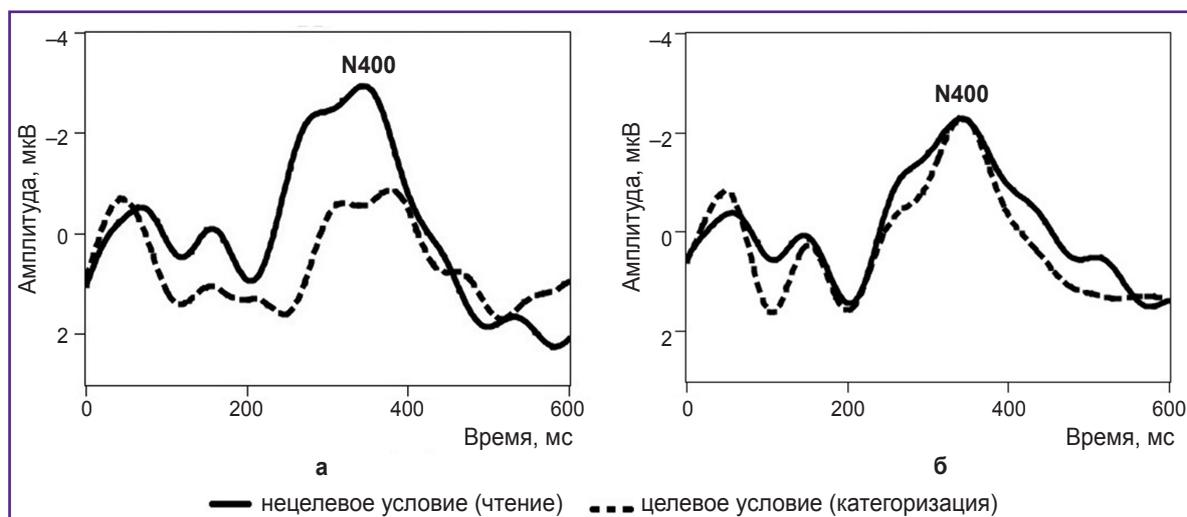


Рис. 1. Усредненные кривые вызванных потенциалов, наблюдаемые в группах с низкими и высокими баллами по опроснику SPQ в ответ на предъявление существительных в двух экспериментальных условиях:

а — усредненные кривые вызванных потенциалов (n=20) в срединном теменном отведении (Pz) в группе участников с низкими баллами по опроснику SPQ; б — усредненные кривые вызванных потенциалов (n=20) в срединном теменном отведении (Pz) в группе участников с высокими баллами по опроснику SPQ

Таблица 2

Результаты кластерного анализа, полученные в ходе сравнения кривых когнитивных вызванных потенциалов у участников с низкими и высокими баллами по опроснику SPQ в целевом и нецелевом условиях

Отведение	Нецелевое условие			p (после коррекции на множественные сравнения)	Целевое условие			
	Интервал КВП, мс*	Me [Q1; Q3] Низкие баллы SPQ	Высокие баллы SPQ		Интервал КВП, мс*	Me [Q1; Q3] Низкие баллы SPQ	Высокие баллы SPQ	
F3	290–378	-3,52 [-3,66; -3,23]	-2,31 [-2,47; -2,07]	0,0378				
	517–614	1,91 [1,51; 2,01]	0,38 [0,29; 0,72]	0,0289				
F4	523–606	1,93 [1,69; 1,98]	0,45 [0,42; 0,60]	0,0374				
C3	455–603	1,64 [1,56; 2,09]	0,42 [0,26; 0,84]	0,0038				
C4	458–593	1,56 [1,29; 1,78]	0,22 [0,14; 0,50]	0,0054				
Cz	456–603	2,07 [1,70; 2,81]	0,82 [0,48; 1,03]	0,006				
P4					675–779	-0,52 [-0,93; -0,21]	0,28 [0,01; 0,68]	0,294

* представлены только те интервалы, в которых выявлены статистически значимые различия (p<0,05) в группах участников с низкими и высокими баллами по опроснику SPQ. Строчки, не содержащие данных, свидетельствуют о том, что статистически значимых различий в данных отведениях не выявлено. З д е с ь: КВП — когнитивные вызванные потенциалы.

Во время пассивного чтения кривые вызванных потенциалов статистически значимо различались у выбранных групп участников в кластерах, которым со-

ответствует поздний позитивный компонент в лобных (F3, F4, p<0,05) и центральных (C3, C4, Cz, p<0,01) отведениях (см. табл. 2). При этом большая ампли-

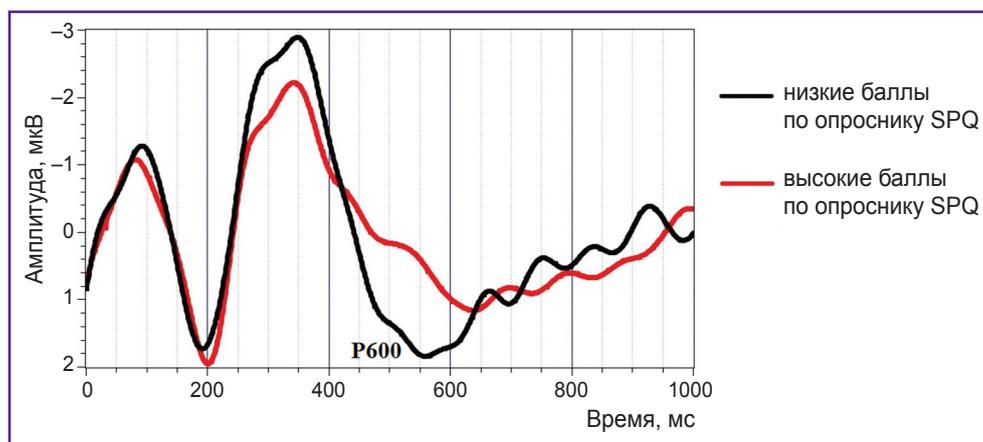


Рис. 2. Усредненные кривые вызванных потенциалов ($n=20$) в правом центральном отведении (C4), наблюдаемые в группах с низкими и высокими баллами по опроснику SPQ в ответ на предъявление существительных в нецелевом условии

туда компонента наблюдалась в группе обследуемых с низкими баллами по SPQ по сравнению с участниками, набравшими высокие баллы. Межгрупповые различия для позднего позитивного компонента в нецелевом условии продемонстрированы на рис. 2. В целевом условии предъявления не выявлено статистически значимых межгрупповых различий для амплитуды компонента.

В группе участников с низкими баллами по опроснику SPQ выявлены статистически значимые различия кривых КВП в условиях категоризации и пассивного чтения для кластеров, которым соответствует поздняя негативная волна (см. табл. 1), в левом лобном (F3, $p<0,01$), центральных (C3, Cz, $p<0,01$), теменных (P3, P4, Pz, $p<0,01$) и задневисочных (T5, $p<0,05$, T6, $p<0,01$) отведениях. В группе обследуемых с высокими баллами по опроснику SPQ также были выявлены статистически значимые различия кривых КВП в заданных условиях для кластеров, которым соответствует поздняя негативная волна, в центральных (C3, C4, $p<0,01$), теменных (P3, P4, Pz, $p<0,01$) и задневисочных (T5, $p<0,01$; T6, $p<0,05$) отведениях. Амплитуда компонента была больше в условиях категоризации стимулов в отличие от пассивного чтения в обеих исследуемых группах. В целевом условии предъявления выявлено межгрупповое различие в отведении P4 ($p<0,05$) в кластере, соответствующем данному компоненту (см. табл. 2), при этом амплитуда поздней негативной волны оказалась более выраженной в группе с низкими баллами по опроснику SPQ по сравнению с группой участников, набравших высокие баллы.

Обсуждение

В нашей работе не обнаружено статистически значимых межгрупповых различий для ранних компонентов, что согласуется с другими исследованиями расстройств шизофренического спектра в лингвисти-

ческих парадигмах [26]. Однако необходимо отметить, что работы в других, неязыковых, парадигмах сообщают об изменениях экзогенных компонентов P50, N100, N200, P200 у пациентов с шизофренией [34–37]. Анализ межполушарной асимметрии показал, что в группе с низкими баллами по опроснику SPQ во время пассивного чтения слов амплитуда негативного компонента, имеющего пиковую латентность около 150 мс, оказалась более выражена в левом задневисочном отведении по сравнению с правой стороной. Это согласуется с литературными данными о том, что на электрофизиологическом уровне первым вызванным компонентом, отражающим автоматическое распознавание слова, является левосторонний N150 [38]. Межполушарные различия для данного компонента отсутствовали в группе обследуемых с высокими баллами шизотипии. Это согласуется с данными о недостатке левосторонней латерализации для компонента N150 у пациентов с шизофренией, что объясняется отсутствием полушарной специализации лингвистических сетей, которые автоматически активируются в самой ранней фазе распознавания слов [38]. Наши результаты также могут указывать на недостаточность латерализации языка у обследуемых с шизотипическими чертами личности и на дефицит, связанный с теми языковыми сетями, которые автоматически активируются на начальном этапе распознавания слов. Таким образом, отсутствие межполушарной асимметрии может стать чувствительным маркером для выявления изменений в обработке вербальной информации у лиц с шизотипической организацией личности.

В группе с низкими баллами шизотипии выявлено увеличение амплитуды компонента N400 в ответ на слова в условиях их пассивного прочтения по сравнению с условием категоризации. Увеличение амплитуды компонента N400 в ответ на нецелевые

стимулы согласуется с исследованием И.В. Марьиной и В.Б. Стрелец [7], демонстрирующим увеличение амплитуды компонента в ответ на стимулы, нерелевантные заданию. Эффект неконгруэнтности заданию, по-видимому, наблюдался в нашем исследовании и в отношении слов в нецелевом условии (чтение), когда они воспринимались нерелевантными заданию и демонстрировали более высокую амплитуду по сравнению с целевыми словами. Однако нами было установлено, что в группе с высокими баллами шизотипии нет статистически значимых различий в амплитуде компонента N400 между категоризацией и чтением существительных, т.е. эффект N400 отсутствует. С точки зрения нейрофизиологии это говорит о том, что в группе участников с шизотипическими чертами ресурсы, затрачиваемые на обработку слова, которое нужно было просто прочитать, оказались аналогичны затратам на обработку стимула, который подвергался категоризации. По всей видимости, при шизотипии обработка информации слабо модулируется различием в уровне контроля умственной деятельности. Возможно, у лиц с шизотипической организацией личности обработка сенсорной информации из окружающей среды происходит менее пассивно и быстро комбинируется с сохраненными в памяти представлениями, другими сенсорными впечатлениями и ожиданиями, т.е. активация механизмов нисходящей регуляции имеет более широкое влияние на восприятие пассивно читаемой информации. Усиление нисходящей обработки и влияние ее на более автоматизированные процессы рассматриваются у пациентов с шизофренией в работах [39–41]. Дефицит подавления обработки избыточной информации и, как следствие, снижение эффекта N400 у лиц с высоким уровнем шизотипии наблюдаются в том числе и в исследованиях, оперирующих лексико-семантическими особенностями [11–13].

Однако интересно сравнить наши результаты с другим исследованием И.В. Марьиной и соавт. [42], в котором наблюдалось сохранение эффекта неконгруэнтности заданию у пациентов с шизофренией. Эти данные не согласуются с результатами нашей работы, что может быть обусловлено различиями в дизайне исследований. В нашей модели был использован простой контекст в виде сочетания слов, а не отдельные слова, как в обсуждаемом выше исследовании. Слово, находящееся в контексте, вызывает больше ассоциаций и активирует больше связей в семантической памяти, что, по всей видимости, приводит к избыточной обработке стимулов во время их пассивного восприятия у людей с расстройствами шизофренического спектра. Это согласуется с тем, что для шизотипии характерно появление избыточных ассоциаций, не связанных с задачей, и нарушение использования контекста [11, 43].

Кроме того, у обследуемых с низкими баллами по опроснику SPQ амплитуда компонента N400 во время пассивного чтения слов оказалась более выражена в правом задневисочном отведении по сравнению с ле-

вой стороной. В литературе представлены некоторые сведения о том, что данный компонент может иметь правостороннюю латерализацию [44, 45]. В нашем исследовании межполушарные различия для компонента N400 отсутствовали в группе обследуемых с высокими баллами шизотипии. Однако едва ли подобное изменение латерализации компонента N400 может претендовать на роль биомаркера, поскольку традиционно генераторы этого компонента обнаруживаются в левом полушарии [46].

В условиях чтения слов наблюдали снижение амплитуды позднего позитивного компонента у участников с шизотипическими чертами личности, что согласуется с результатами предыдущих исследований как при клинически выраженной шизофрении [8, 21], так и в группе с высоким уровнем шизотипии среди здоровых лиц [13]. Можно предположить, что выявленные амплитудные различия свидетельствуют о проявлении дефицита эпизодической памяти у обследуемых с высокими баллами шизотипии. Известно, что дефицит эпизодической памяти присутствует у пациентов с шизофренией [47], а также у здоровых родственников таких пациентов [48] и у лиц с шизотипией [49]. Однако интерпретировать полученные для данного компонента результаты с точки зрения мнестических процессов следует с большой осторожностью, поскольку наша парадигма не была прицельно направлена на изучение процессов, связанных с памятью. Есть сведения о том, что компонент P600 может модулироваться уровнем внимания к стимулу [50, 51]. Возможно, уменьшение амплитуды данного компонента у обследуемых с шизотипическими чертами личности отражает снижение текущего уровня устойчивого внимания к нецелевому стимулу относительно группы контроля. Надо отметить, что во второй серии предъявлений, когда участники получали задание категоризировать слова, компонент не различался между группами. Таким образом, межгрупповые различия для поздней позитивной волны были выявлены только в условии имплицитного задания, предполагающего пассивное прочтение слов. При этом в условиях, требующих активации контроля умственной деятельности, процессы, отраженные в позднем позитивном компоненте, у участников с шизотипическими чертами не демонстрировали нейрофизиологических отличий от контрольной группы. Внутри групп компонент оказался нечувствительным к различиям в условиях предъявления стимулов и не продемонстрировал различий между ответами на целевые и нецелевые слова ни в той, ни в другой группе участников, различающихся по баллам опросника SPQ.

Для существительных в целевом условии предъявления была зафиксирована выраженная поздняя негативная волна, начинающаяся формироваться в районе 700 мс в центральных, теменных и задневисочных отведениях. Причем формирование данной волны в целевом условии было характерно как для группы с

низкими баллами по опроснику шизотипии, так и для группы с высокими баллами, т.е. компонент оказался чувствительным к изменению задания как в группе с шизотипией, так и в группе контроля. В правой теменной области отмечено снижение амплитуды поздней негативной волны в ответ на предъявление целевых слов в группе с высокими баллами опросника SPQ по сравнению с участниками, набравшими меньшее количество баллов. Вероятно, дополнительное функционирование механизмов когнитивного контроля, связанное с целенаправленным удержанием информации в памяти для последующего ответа, с мобилизацией внимания и подготовкой к моторному ответу, претерпевает некоторые изменения у лиц с шизотипической организацией личности.

Заключение

Полученные в исследовании амплитудные отличия когнитивных вызванных потенциалов в группах с высокими и низкими баллами по опроснику SPQ для выявления шизотипических черт личности позволяют выделить нейрофизиологические корреляты обработки информации, претерпевающие изменения у лиц с шизотипической организацией. Полученные данные указывают на недостаточность латерализации языка у обследуемых с шизотипией и на дефицит, связанный с теми языковыми сетями, которые автоматически активизируются на начальном этапе распознавания слов. Кроме того, у лиц с шизотипическими чертами личности обработка информации на этапе лексико-семантических процессов слабо модулируется заданием, предъявляющим разные требования к уровню контроля умственной деятельности. При шизотипии также возможно некоторое снижение активации мнестических процессов, что проявляется во время пассивного прочтения слов, но не в условиях их категоризации. Практически не затронуты механизмы когнитивного контроля, связанного с целенаправленным удержанием информации в памяти для последующего ответа, с мобилизацией внимания и подготовкой к моторному ответу.

Изучение этапов обработки зрительного вербального стимула в простом контексте для автоматизированных и более контролируемых условий представляется перспективным для раскрытия фундаментальных механизмов нарушения обработки информации в процессе формирования клинически выраженной психической патологии. В прикладном плане интересна перспектива выявления специфических нейрофизиологических маркеров для ранней диагностики расстройств шизофренического спектра.

Финансирование исследования. Это исследование было профинансировано в рамках государственного задания МЗ РФ №121030100282-6.

Конфликт интересов. Конфликт интересов, связанный с данным исследованием, отсутствует.

Литература/References

1. Lenzenweger M.F. Schizotypy, schizotypic psychopathology and schizophrenia. *World Psychiatry* 2018; 17(1): 25–26, <https://doi.org/10.1002/wps.20479>.
2. Lenzenweger M.F. Schizotypy, schizotypic psychopathology, and schizophrenia: hearing echoes, leveraging prior advances, and probing new angles. *Schizophr Bull* 2018; 44(suppl_2): S564–S569, <https://doi.org/10.1093/schbul/sby083>.
3. Radanovic M., de Sousa R.T., Valiengo L., Gattaz W.F., Forlenza O.V. Formal thought disorder and language impairment in schizophrenia. *Arq Neuropsiquiatr* 2013; 71(1): 55–60, <https://doi.org/10.1590/s0004-282x2012005000015>.
4. Tonelli H.A. How semantic deficits in schizotypy help understand language and thought disorders in schizophrenia: a systematic and integrative review. *Trends Psychiatry Psychother* 2014; 36(2): 75–88, <https://doi.org/10.1590/2237-6089-2013-0053>.
5. Delogu F., Brouwer H., Crocker M.W. Event-related potentials index lexical retrieval (N400) and integration (P600) during language comprehension. *Brain Cogn* 2019; 135: 103569, <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2019.05.007>.
6. Hagoort P., Hald L., Bastiaansen M., Petersson K.M. Integration of word meaning and world knowledge in language comprehension. *Science* 2004; 304(5669): 438–441, <https://doi.org/10.1126/science.1095455>.
7. Марьяна И.В., Стрелец В.Б. Влияние смыслового содержания вербальных стимулов и их значимости на вызванные потенциалы мозга. *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова* 2010; 60(1): 22–31.
Mar'ina I.V., Strelets V.B. Verbal stimuli semantics and relevance of ERPs. *Zhurnal vysshei nervnoi deyatel'nosti imeni I.P. Pavlova* 2010; 60(1): 22–31.
8. Hokama H., Hiramatsu K., Wang J., O'Donnell B.F., Ogura C. N400 abnormalities in unmedicated patients with schizophrenia during a lexical decision task. *Int J Psychophysiol* 2003; 48(1): 1–10, [https://doi.org/10.1016/s0167-8760\(02\)00156-3](https://doi.org/10.1016/s0167-8760(02)00156-3).
9. Kiang M., Kutas M., Light G.A., Braff D.L. An event-related brain potential study of direct and indirect semantic priming in schizophrenia. *Am J Psychiatry* 2008; 165(1): 74–81, <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2007.07050763>.
10. Lepock J.R., Mizrahi R., Korostil M., Maheandiran M., Gerritsen C.J., Drvaric L., Ahmed S., Bagby R.M., Kiang M. N400 event-related brain potential evidence for semantic priming deficits in persons at clinical high risk for psychosis. *Schizophr Res* 2019; 204: 434–436, <https://doi.org/10.1016/j.schres.2018.08.033>.
11. Kiang M., Kutas M. Association of schizotypy with semantic processing differences: an event-related brain potential study. *Schizophr Res* 2005; 77(2–3): 329–342, <https://doi.org/10.1016/j.schres.2005.03.021>.
12. Kiang M., Prugh J., Kutas M. An event-related brain potential study of schizotypal personality and associative semantic processing. *Int J Psychophysiol* 2010; 75(2): 119–126, <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2009.10.005>.
13. Del Goleto S., Kostova M., Blanchet A. Impaired context processing during irony comprehension in schizotypy: an ERPs study. *Int J Psychophysiol* 2016; 105: 17–25, <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2016.04.009>.
14. Mathalon D.H., Faustman W.O., Ford J.M. N400 and automatic semantic processing abnormalities in patients with

schizophrenia. *Arch Gen Psychiatry* 2002; 59(7): 641–648, <https://doi.org/10.1001/archpsyc.59.7.641>.

15. Mathalon D.H., Roach B.J., Ford J.M. Automatic semantic priming abnormalities in schizophrenia. *Int J Psychophysiol* 2010; 75(2): 157–166, <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2009.12.003>.

16. Ryu V., An S.K., Ha R.Y., Kim J.A., Ha K., Cho H.S. Differential alteration of automatic semantic processing in treated patients affected by bipolar mania and schizophrenia: an N400 study. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 2012; 38(2): 194–200, <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2012.03.009>.

17. Rugg M.D., Curran T. Event-related potentials and recognition memory. *Trends Cogn Sci* 2007; 11(6): 251–257, <https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.04.004>.

18. Van Strien J.W., Hagenbeek R.E., Stam C.J., Rombouts S.A.R.B., Barkhof F. Changes in brain electrical activity during extended continuous word recognition. *Neuroimage* 2005; 26(3): 952–959, <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.03.003>.

19. Bermúdez-Margaretto B., Beltrán D., Domínguez A., Cuetos F. Repeated exposure to “meaningless” pseudowords modulates LPC, but not N(FN)400. *Brain Topogr* 2015; 28(6): 838–851, <https://doi.org/10.1007/s10548-014-0403-5>.

20. Toth M., Sambeth A., Blokland A. EEG correlates of old/new discrimination performance involving abstract figures and non-words. *Brain Sci* 2021; 11(6): 719, <https://doi.org/10.3390/brainsci11060719>.

21. Kim M.S., Kwon J.S., Kang S.S., Youn T., Kang K.W. Impairment of recognition memory in schizophrenia: event-related potential study using a continuous recognition task. *Psychiatry Clin Neurosci* 2004; 58(5): 465–472, <https://doi.org/10.1111/j.1440-1819.2004.01287.x>.

22. Ребрейкина А.Б., Ларионова Е.В., Варламов А.А. Вызванные изменения ритмической активности мозга при переработке зрительно предъявляемых целевых, нецелевых и незнакомых слов. *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова* 2015; 65(1): 92–104, <https://doi.org/10.7868/s004446771501013x>.

Rebreikina A.B., Larionova E.V., Varlamov A.A. Event-related synchronization/desynchronization during processing of target, no target and unknown visually presented words. *Zhurnal vysshei nervnoi deyatelnosti imeni I.P. Pavlova* 2015; 65(1): 92–104, <https://doi.org/10.7868/s004446771501013x>.

23. Продиус П.А., Нужина Н.С., Мухина И.В. Лексические и регулятивные особенности переработки зрительной вербальной информации в простом контексте. *Вестник новых медицинских технологий* 2017; 24(4): 157–162, https://doi.org/10.12737/article_5a38fc3a38f0.18058568.

Prodius P.A., Nuzhina N.S., Mukhina I.V. Lexical and regulative features of processing visual verbal information in simple context. *Vestnik novykh medicinskih tekhnologij* 2017; 24(4): 157–162, https://doi.org/10.12737/article_5a38fc3a38f0.18058568.

24. Bender S., Behringer S., Freitag C.M., Resch F., Weisbrod M. Transmodal comparison of auditory, motor, and visual post-processing with and without intentional short-term memory maintenance. *Clin Neurophysiol* 2010; 121(12): 2044–2064, <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2010.05.008>.

25. Bender S. P 17 neural signatures of post-perceptual attention and selective working memory encoding. *Clin Neurophysiol* 2017; 128(10): e334–e335, <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2017.06.096>.

26. Niznikiewicz M.A., Shenton M.E., Voglmaier M., Nestor P.G., Dickey C.C., Frumin M., Seidman L.J., Allen C.G., McCarley R.W. Semantic dysfunction in women with schizotypal personality disorder. *Am J Psychiatry* 2002; 159(10): 1767–1774, <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.159.10.1767>.

27. Wang K., Wang Y., Yan C., Wang Y.N., Cheung E.F.C., Chan R.C.K. Semantic processing impairment in individuals with schizotypal personality disorder features: a preliminary event-related potential study. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 2013; 40: 93–102, <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2012.08.019>.

28. Treiman R. Linguistics and reading. In: *Handbook of linguistics. 2nd edition.* Aronoff M., Rees-Miller J. (editors). Wiley-Blackwell; 2017; p. 617–626.

29. Noesselt T., Shah N.J., Jäncke L. Top-down and bottom-up modulation of language related areas — an fMRI study. *BMC Neurosci* 2003; 4: 13, <https://doi.org/10.1186/1471-2202-4-13>.

30. Bemis D.K., Pykkänen L. Simple composition: a magnetoencephalography investigation into the comprehension of minimal linguistic phrases. *J Neurosci* 2011; 31(8): 2801–2814, <https://doi.org/10.1523/jneurosci.5003-10.2011>.

31. Raine A. The SPQ: a scale for the assessment of schizotypal personality based on DSM-III-R criteria. *Schizophr Bull* 1991; 17(4): 555–564, <https://doi.org/10.1093/schbul/17.4.555>.

32. Ляшевская О.Н., Шаров С.А. *Частотный словарь современного русского языка*. М: Азбуковник; 2009; 1087 с. Lyashevskaya O.N., Sharov S.A. *Chastotnyy slovar' sovremennogo russkogo yazyka* [Frequency dictionary of the modern Russian language]. Moscow: Azbukovnik; 2009; 1087 p.

33. Maris E., Oostenveld R. Nonparametric statistical testing of EEG- and MEG-data. *J Neurosci Methods* 2007; 164(1): 177–190, <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2007.03.024>.

34. Williams L.M., Gordon E., Wright J., Bahramali H. Late component ERPs are associated with three syndromes in schizophrenia. *Int J Neurosci* 2000; 105(1–4): 37–52, <https://doi.org/10.3109/00207450009003264>.

35. Bramon E., Rabe-Hesketh S., Sham P., Murray R.M., Frangou S. Meta-analysis of the P300 and P50 waveforms in schizophrenia. *Schizophr Res* 2004; 70(2–3): 315–329, <https://doi.org/10.1016/j.schres.2004.01.004>.

36. Rosburg T., Boutros N.N., Ford J.M. Reduced auditory evoked potential component N100 in schizophrenia — a critical review. *Psychiatry Res* 2008; 161(3): 259–274, <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2008.03.017>.

37. Ferreira-Santos F., Silveira C., Almeida P.R., Palha A., Barbosa F., Marques-Teixeira J. The auditory P200 is both increased and reduced in schizophrenia? A meta-analytic dissociation of the effect for standard and target stimuli in the oddball task. *Clin Neurophysiol* 2012; 123(7): 1300–1308, <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2011.11.036>.

38. Spironelli C., Angrilli A., Stegagno L. Failure of language lateralization in schizophrenia patients: an ERP study on early linguistic components. *J Psychiatry Neurosci* 2008; 33(3): 235–243.

39. Vercammen A., de Haan E.H.F., Aleman A. Hearing a voice in the noise: auditory hallucinations and speech perception. *Psychol Med* 2008; 38(8): 1177–1184, <https://doi.org/10.1017/s0033291707002437>.

40. Ilankovic L.M., Allen P.P., Engel R., Kambeitz J.,

Riedel M., Müller N., Hennig-Fast K. Attentional modulation of external speech attribution in patients with hallucinations and delusions. *Neuropsychologia* 2011; 49(5): 805–812, <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.01.016>.

41. Aleman A., Böcker K.B.E., Hijman R., de Haan E.H.F., Kahn R.S. Cognitive basis of hallucinations in schizophrenia: role of top-down information processing. *Schizophr Res* 2003; 64(2–3): 175–185, [https://doi.org/10.1016/s0920-9964\(03\)00060-4](https://doi.org/10.1016/s0920-9964(03)00060-4).

42. Марьина И.В., Стрелец В.Б., Гарах Ж.В., Новотоцкий-Власов В.Ю., Зайцева Ю.С. Анализ вызванных потенциалов мозга на вербальные стимулы в норме и при шизофрении. *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова* 2012; 62(2): 157–164.

Mar'ina I.V., Strelets V.B., Garakh Zh.V., Novototskii-Vlasov V.Iu., Zaitseva Iu.S. Analysis of event-related potentials to verbal stimuli in healthy subjects and schizophrenia patients. *Zhurnal vysshei nervnoi deyatel'nosti imeni I.P. Pavlova* 2012; 62(2): 157–164.

43. Kiang M. Schizotypy and language: a review. *J Neurolinguistics* 2010; 23(3): 193–203, <https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2009.03.002>.

44. Kutas M., Van Petten C., Besson M. Event-related potential asymmetries during the reading of sentences. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1988; 69(3): 218–233, [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(88\)90131-9](https://doi.org/10.1016/0013-4694(88)90131-9).

45. Franklin M.S., Dien J., Neely J.H., Huber E.,

Waterson L.D. Semantic priming modulates the N400, N300, and N400RP. *Clin Neurophysiol* 2007; 118(5): 1053–1068, <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.01.012>.

46. Lau E.F., Phillips C., Poeppel D. A cortical network for semantics: (de)constructing the N400. *Nat Rev Neurosci* 2008; 9(12): 920–933, <https://doi.org/10.1038/nrn2532>.

47. Leavitt V.M., Goldberg T.E. Episodic memory in schizophrenia. *Neuropsychol Rev* 2009; 19: 312–323, <https://doi.org/10.1007/s11065-009-9107-0>.

48. Touloupoulou T., Rabe-Hesketh S., King H., Murray R.M., Morris R.G. Episodic memory in schizophrenic patients and their relatives. *Schizophr Res* 2003; 63(3): 261–271, [https://doi.org/10.1016/s0920-9964\(02\)00324-9](https://doi.org/10.1016/s0920-9964(02)00324-9).

49. Sahakyan L., Kwapil T.R. Moving beyond summary scores: decomposing free recall performance to understand episodic memory deficits in schizotypy. *J Exp Psychol Gen* 2018; 147(12): 1919–1930, <https://doi.org/10.1037/xge0000401>.

50. Hahne A., Friederici A.D. Electrophysiological evidence for two steps in syntactic analysis: early automatic and late controlled processes. *J Cogn Neurosci* 1999; 11(2): 194–205, <https://doi.org/10.1162/089892999563328>.

51. Contier F., Weymar M., Wartenburger I., Rabovsky M. Sustained attention as measured by reaction time variability is a strong modulator for the P600, but not the N400. *J Cogn Neurosci* 2022; 34(12): 2297–2310, https://doi.org/10.1162/jocn_a_01918.