

УДК 612.821+612.822.3

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ЧИСЕЛ, ЗАПИСАННЫХ РИМСКИМИ И АРАБСКИМИ ЦИФРАМИ, У БОЛЬНЫХ ПАРАНОИДНОЙ ШИЗОФРЕНИЕЙ

© 2019 г. Г. И. Родионов^{1, *}, Е. А. Лушекина¹, П. Н. Кудряшов², В. Б. Стрелец^{1, **}

¹ФГБУН Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва, Россия

²ГБУЗ Психиатрическая клиническая больница № 4 им. П.Б. Ганнушкина, Москва, Россия

*E-mail: sooperego@ya.ru

**E-mail: strelets@aha.ru

Поступила в редакцию 16.08.2018 г.

После доработки 12.01.2019 г.

Принята к публикации 03.04.2019 г.

Исследовали латентность и амплитуду компонентов P100, N170 и P200 вызванных потенциалов (ВП) при зрительном предъявлении арабских и римских цифр в группах здоровых испытуемых и больных шизофренией. Выраженность реакции активации рассматривали как отношение между ее значениями ответ на арабские и римские цифры. В группе здоровых испытуемых латентность волны P100 была короче на арабские, чем на римские цифры, в затылочных и теменных областях, а амплитуда — больше в левом задневисочном отведении. В группе больных шизофренией амплитуда волны P100 на арабские цифры была больше в левом височном отведении, а в правом центральном отведении, напротив, меньше. Межгрупповой анализ показал большую амплитуду P100 в центральном теменном отведении, левом височном и правом задневисочном отведениях на арабские цифры у здоровых по сравнению с больными шизофренией. Латентность волны N170 в норме на арабские цифры в левом затылочном, правом височном и теменных отведениях была короче, а амплитуда — меньше в правом задневисочном отведении. В группе больных шизофренией латентность волны N170 на арабские цифры была короче только в средней теменной области. Межгрупповой анализ показал более короткую латентность у здоровых, чем у больных, в затылочных областях на оба типа стимулов, а более высокая амплитуда — в правой задневисочной области на римские цифры. Латентность компонента P200 на арабские цифры у здоровых в левой лобной области была короче, а амплитуда выше в средней лобной и левой височной областях. У больных шизофренией на арабские цифры латентность компонента P200 была больше в левой затылочной области, а амплитуда ниже в средней центральной и правой затылочной областях. Межгрупповой анализ показал у здоровых на арабские цифры более короткую латентность, чем у больных в левой теменной области, и большую амплитуду в правой центральной и левой височной областях. На римские цифры у здоровых отмечалась более высокая амплитуда, чем у больных в правой префронтальной и левой фронтальной областях. Таким образом, в норме и при шизофрении был обнаружен различный уровень корковой активации в ответ на два типа стимулов, что является отражением различий между характеристиками стимулов.

Ключевые слова: вызванные потенциалы, шизофрения, P100, N170, распознавание цифр, восприятие.

DOI: 10.1134/S0131164619050151

Шизофрения, помимо психотических проявлений и эмоционально-волевых нарушений, характеризуется выраженным снижением уровня социального функционирования и нарушением когнитивной сферы [1]. Имеется множество данных о том, то когнитивные нарушения значительно ухудшают качество жизни больных [2, 3]. Физиологические механизмы когнитивных нарушений при шизофрении остаются не до конца изученными. Исследования когнитивной сферы при шизофрении с использованием элементар-

ных стимулов разных модальностей (электрокожных, световых, цветовых или наборов точек) показывают наличие нарушений уже на базовом уровне. Применение сложных стимулов, таких, как слова, позволяет выявить множество когнитивных нарушений, однако их физиологические механизмы остаются неясными [4].

Цифры являются относительно простым знаком, определяющим количество чего-либо (явлений, предметов, событий). Информация о количестве имеет большое как биологическое, так и

социальное значение, так как является необходимой в повседневной жизни. Установлено, что обработка информации о количестве имеет собственное представительство в интрапариетальной извилине коры [5–7].

Существуют две общепринятые системы записи одних и тех же чисел: арабская и римская. Арабские цифры имеют более сложные физические параметры и более часто встречаются, т.е. являются более знакомыми, чем римские. В связи с этим различие нейрофизиологических характеристик восприятия таких стимулов отражается в вызванных потенциалах мозга [8]. Физиологические механизмы восприятия включают следующие этапы: сенсорный анализ (физические параметры), сопоставление физических параметров стимула с прошлым опытом, принятие перцептивного решения [9]. Показаны нарушения всех этапов восприятия при шизофрении [10], что может быть обусловлено изменениями на молекулярно-генетическом уровне [11].

Данных об исследованиях ВП с использованием цифровых стимулов в научной литературе недостаточно. Подобных исследований на больных параноидной шизофренией, не принимавших нейролептической терапии, не проводилось.

Целью данной работы являлось исследование нейрофизиологических особенностей сенсорного анализа арабских и римских цифр, отличающихся по физическим параметрам, а также по различной частоте встречаемости и представленности в прошлом опыте испытуемого в норме и при параноидной шизофрении.

МЕТОДИКА

Исследование проводили на базе психиатрической клиники “Роса”. В исследование отбирали пациентов с параноидной формой шизофрении. Диагноз *F20.0* ставил врач-психиатр согласно диагностическим критериям МКБ-10. Психотический эпизод не был следствием употребления психоактивных веществ. Обязательным условием включения в группу исследования было 100% зрение; в эксперименте участвовали только правши. Группа пациентов состояла из 15 участников от 20 до 35 лет: 5 мужского, 10 – женского пола. Группа контроля включала 17 испытуемых той же возрастной группы, правой со 100% зрением, 9 мужчин и 8 женщин. Все испытуемые были либо студентами ВУЗов, либо имели оконченное высшее образование.

Испытуемым, находившимся в затемненном шумоизолированном помещении, на экране компьютера предъявляли стимулы двух типов: числа, записанные арабскими и римскими цифрами. Оба типа стимулов в виде белых знаков одинакового размера на черном фоне. Время предъявления

составляло 750 мс, межстимульный интервал варьировал в диапазоне от 2500 до 3000 мс. Количество стимулов каждого типа равнялось 80, порядок предъявления – случайный. Эксперимент проводили в имплицитных условиях.

Исследовали различия амплитуды и латентности ВП при восприятии стимулов в имплицитной ситуации. С помощью 24-канального усилителя фирмы МБН производили регистрацию ЭЭГ от 19 отведений ($Fp_1, Fp_2, F_3, F_4, F_7, F_8, C_3, C_4, T_3, T_4, T_5, T_6, P_3, P_4, O_1, O_2, Fz, Cz, Pz$, схема постановки 10–20%). Референтным отведением служил объединенный ушной электрод; заземляющий электрод располагали по центру лба. Фильтрацию высоких частот производили на частоте 70 Гц, постоянная времени – 0.3 с. Частота квантования 200 Гц, импеданс соблюдали не выше 10 кОм. После удаления артефактов производили усреднение. В компонентах ВП выделяли пики максимальной амплитуды в интервалах от 75 до 115 мс для компонента $P100$, от 165 до 205 мс – для $N170$, от 205 до 230 мс – для $P200$.

Показатели латентности и амплитуды компонентов $P100, N170$ и $P200$ подвергали статистическому анализу с помощью пакета *STATISTICA 11*. Для выявления внутригрупповых отличий использовали непараметрический критерий Вилкоксона. Для межгрупповых различий применяли непараметрический критерий Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Латентность компонента $P100$ у здоровых испытуемых была более короткой на арабские цифры в левом (O_1) и правом (O_2) затылочных, правом и левом теменных отведениях (P_3, P_4) и теменном отведении по средней линии (Pz). Амплитуда этой волны на арабские цифры была выше в левом задневисочном отведении (T_3).

У больных шизофренией амплитуда компонента $P100$ на арабские цифры в левом височном отведении (T_3) была выше, а в правом центральном отведении (C_4), в отличие от нормы, ниже.

При межгрупповом сравнении было выявлено, что на арабские цифры у здоровых испытуемых амплитуда волны $P100$ была выше, чем в группе больных в правом задневисочном (T_6), левом височном (T_3) и среднем теменном (Pz) отведениях.

Латентность волны $N170$ у здоровых на арабские цифры была меньше в левом затылочном (O_1), левом и правом теменных (P_3, P_4), правом височном (T_4); амплитуда была снижена в правом задневисочном отведении (T_6), (больше в ответ на предъявление римских цифр). У больных шизофренией на арабские цифры латентный период

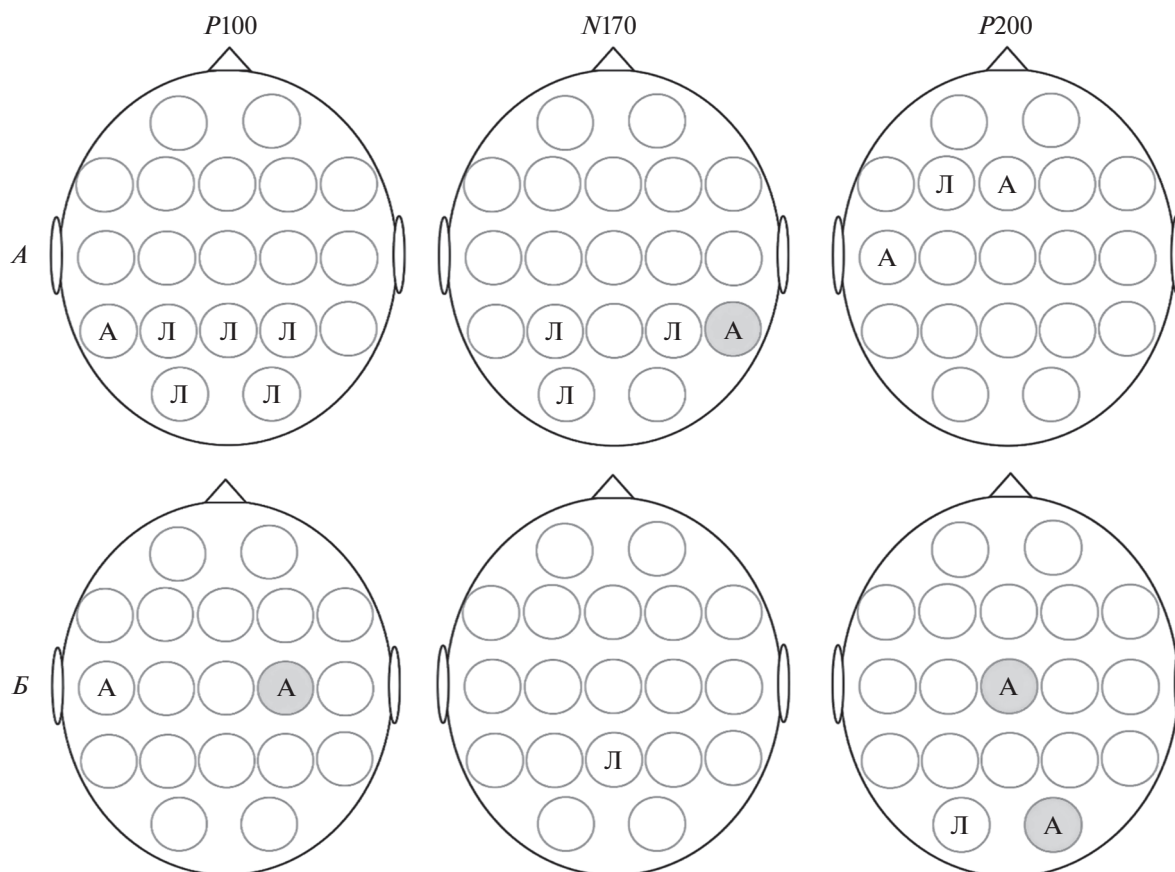


Рис. 1. Области, активированные в ответ на предъявление цифр.

Кружками с буквой “Л” белого цвета обозначены области, в которых обнаружена повышенная активация на арабские цифры по показателям латентности. Кружками с буквой “А” белого цвета обозначены области, в которых обнаружена повышенная активация на арабские цифры по показателям амплитуды. Кружками с буквой “А” серого цвета обозначены области, в которых на арабские цифры активация снижена по показателям амплитуды. А – норма, Б – шизофрения.

волны N170 был короче в теменном отведении по средней линии (Pz).

Межгрупповое сравнение компонента N170 показало, что латентный период в группе здоровых был короче, чем у больных на оба типа стимулов в затылочных отведениях (O₁, O₂), а амплитуда волны N170 на арабские цифры – ниже в правом задневисочном отведении (T₆). Задневисочная кора является зоной, отвечающей за поступление и первичную обработку стимульной информации [12], что объясняет ее активное участие в распознавании чисел.

Латентность компонента P200 у здоровых на арабские цифры была более короткой в левой фронтальной области (F₃), а амплитуда более высокой в средней фронтальной (Fz) и левой височной (T₃) областях.

У больных латентность компонента P200 была короче на арабские цифры в левой затылочной области (O₁), а амплитуда ниже в центральной об-

ласти по средней линии (Cz) и правой затылочной области (O₂).

Межгрупповое сравнение обнаружило: у здоровых латентность P200 на арабские цифры была короче, чем у больных, в левой теменной области, а амплитуда – больше в правой центральной и левой височной областях. На римские цифры у здоровых наблюдалась более высокая, чем у больных, амплитуда в правой префронтальной (Fp₂) и левой фронтальной (F₇) областях (рис. 1).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Обнаруженные у здоровых испытуемых более короткая латентность компонента P100 при восприятии арабских цифр по сравнению с римскими в обеих затылочных (O₁, O₂), правой и левой теменных (P₃, P₄) и теменной по средней линии (Pz) областях, а также более высокая амплитуда в левой задне-височной (T₃) области свидетельствуют о повышенной активации этих областей

на этот тип стимулов. Арабские цифры имеют более сложную конфигурацию по сравнению с римскими. В связи с этим можно предположить, что более высокая активация задних (анализаторных) областей в данный временной период связана с оценкой физических параметров этого более сложного стимула [9]. Возникновение активации в левой затылочной области может быть также обусловлено активностью так называемой “зоны визуальных образов слов” (*visual word form area, VWFA*) – участка фузиформной извилины, в котором происходит зрительное узнавание слов и букв [13], находящемся вблизи от левой затылочной области.

В группе пациентов более высокая активация на арабские цифры наблюдалась только в левой височной области, а в правой центральной области по показателям амплитуды она была даже снижена. Снижение уровня корковой активации на более сложные по конфигурации арабские стимулы у больных по сравнению со здоровыми может указывать на нарушение оценки физических параметров на раннем этапе восприятия при шизофрении, которое описано в литературе как “дефицит ресурсов сенсорного анализа” [14, 15].

Повышенная активация у здоровых при восприятии арабских цифр в левой затылочной (O_1), правой и левой теменных (P_3, P_4), а также правой височной (T_4) областях на втором этапе восприятия (волна $N170$) свидетельствует о том, что сенсорный анализ в этот период времени продолжается, хотя в нем участвует меньше областей коры, чем на первом этапе. Тот факт, что амплитуда этого компонента на арабские цифры была более низкой в правой задневисочной области (T_6), возможно, связан с их большей частотой встречаемости. Большинство экспериментов свидетельствуют о том, что восприятие часто встречающихся стимулов сопровождается меньшей активацией, чем редких [8, 16]. Однако значимость, определяемая по частоте встречаемости в эксперименте, не всегда соответствует значимости для повседневной жизни. Наше исследование обнаруживает, что арабские и римские цифры вызывают разный уровень активации на разных этапах восприятия. Возможно, это связано с неодинаковой социальной значимостью этих типов количественных стимулов. Проходя через височные “входные ворота” [12], эти более частые цифры вызывают в дальнейшем большую активацию фронтальных отделов на следующем этапе восприятия (отражающемся в волне $P200$), что может быть связано с их большей социальной значимостью, т.е. ролью в повседневной жизни. При этом более высокая активация на социально значимые стимулы у всех испытуемых возникает именно в теменной области, которая является зоной распознавания информации о количестве [17]. Активация

данной области на арабские цифры, как на более значимые в социальном аспекте стимулы, в норме развивается уже на первом этапе восприятия и является билатеральной. Полученные результаты соответствуют данным литературы о том, что теменные области, включающие поверхность интрапариетальной извилины, активируются в том случае, если в ряду различных стимулов испытуемый опознает цифру [5]. Они неизбежно активируются, когда испытуемые производят вычисления (сопоставление, сложение, вычитание, умножение) с помощью цифр [6, 7]. Указанная зона также отвечает за обработку количественных стимулов в виде наборов предметов [17]. В связи с тем, что интрапариетальная извилина включена в обеспечение всех указанных функций, данную область называют “ядром количественного анализатора” [17]. Исследование, также проведенное в имплицитных условиях, подтвердило, что при наблюдении количественных стимулов на первом и втором этапах восприятия отмечается активация теменных областей, и показало, что правая, левая и центральная теменные области включаются в переработку информации на сенсорном этапе, а левая и правая теменные области – еще и на следующем этапе сопоставления физических параметров с прошлым опытом.

При восприятии арабских цифр на третьем этапе, соответствующем компоненту $P200$, в норме наблюдается смещение “фокуса максимальной активации” во фронтальные области, что проявляется в увеличении числа активированных областей в этих областях в данный период времени. Смещение фокуса активации также может быть связано с более высокой социальной значимостью арабских цифр (рис. 2).

Поскольку у больных в этом временном промежутке активация продолжает наблюдаться в областях, находящихся кзади от центральной борозды, и не отмечается во фронтальных, это свидетельствует о нарушении распространения возбуждения в мозге при шизофрении. Так как авторы данной статьи связывают большую активацию на арабские цифры в третьем периоде восприятия в норме с оценкой социальной значимости стимула, то отсутствие таковой во фронтальных отделах может указывать на нарушение оценки социальной значимости у пациентов.

Если в норме в теменной области повышенная активация на арабские стимулы отмечается, начиная с первого этапа восприятия, и включает все теменные области, то у больных повышение активации этой области наблюдается только на втором этапе восприятия и только в одной из этих областей (средней теменной области). Более низкий уровень активации теменных областей, являющихся ключевым регионом “количественного

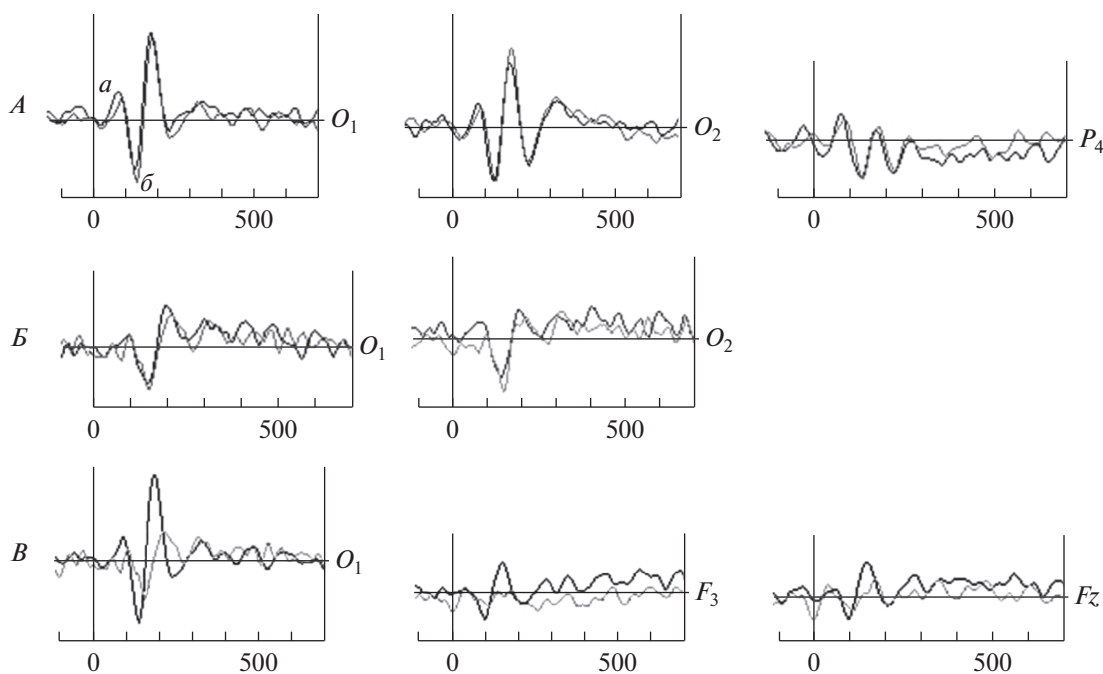


Рис. 2. Графики вызванных потенциалов.

A – ВП на арабские цифры (*a*) и римские (*б*) у здоровых испытуемых в затылочных и правой теменной областях. *B* – ВП больных шизофренией на арабские цифры (*a*) и римские цифры (*б*) в затылочных областях. *B* – сравнение ВП здоровых (*a*) и ВП больных (*б*) в левой затылочной, левой лобной и центральной лобной областях.

анализа” [5–7] и более позднее (по сравнению с нормой) ее развитие, а также отсутствие латерализации могут свидетельствовать о нарушении мозговой обработки числовых стимулов при шизофрении. Эти стимулы элементарны с точки зрения физических параметров, но различаются по значимости для повседневной жизни, в связи с чем нарушение процесса их восприятия может сказываться на качестве жизни. Тот факт, что активация теменной области у больных испытуемых развивается позже, чем у здоровых, соответствует данным о замедлении распространения возбуждения и информационной обработки стимулов при шизофрении [9, 18]. У здоровых испытуемых на поздних этапах восприятия (компонент *P200*) активация на более значимые для повседневной жизни стимулы была выше в левой фронтальной, центральной фронтальной и левой височной областях. Это значит, что имело место смещение фокуса максимальной активации в передние области мозга, по-видимому, связанное с принятием перцептивного решения.

У больных с параноидной шизофренией обнаружено нарушение адекватной активации комплекса областей на этапах оценки сенсорных параметров, сопоставления физических параметров с данными прошлого опыта, а также в процессе принятия перцептивного решения. Нарушен процесс оценки частоты встречаемости и социальной значимости.

ВЫВОДЫ

1. На начальном этапе восприятия, отражающемся в волне *P100*, в норме активация анализаторных областей на арабские цифры больше, чем на римские. У больных число областей, участвующих в сенсорном анализе, снижено. В теменных областях в норме активация билатеральна, у больных – только в левом полушарии.

2. На втором этапе восприятия, отражающемся в волне *N170*, у здоровых число активированных областей меньше, чем на первом. У больных число активированных областей снижено по сравнению с нормой. В норме амплитуда в правой задневисочной области снижена на более частые (арабские) стимулы; у больных это снижение отсутствует.

3. На третьем этапе восприятия, выраженном волной *P200*, у здоровых фокус максимальной активации из сенсорных областей смещается в лобные; у больных он остается в сенсорных отделах.

4. В норме наблюдается закономерная последовательность обработки элементарных количественных стимулов; у больных шизофренией снижен уровень активации, нарушен порядок обработки информации на разных этапах восприятия, а также механизм оценки частоты встречаемости и социальной значимости стимула.

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицины

ской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным биоэтическим комитетом Института Высшей нервной Деятельности и нейрофизиологии РАН (Москва).

Информированное согласие. Каждый участник исследования представил добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

Финансирование работы. Работа поддержана РФФИ (грант № 17-06-00659).

Благодарности. Авторы выражают благодарность клинике «РОСА» (Москва), на базе которой проводилось исследование.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Barch D.M., Ceaser A.* Cognition in schizophrenia: core psychological and neural mechanisms // *Trends in Cognitive Sciences.* 2012. № 16. P. 27.
2. *Гурович И.Я., Шмуклер А.Б.* Опросник для оценки социального функционирования и качества жизни психических больных // *Социальная и клиническая психиатрия.* 1998. Т. 8. № 2. С. 35.
3. *Nuechterlein K.H., Barch D.M., Gold J.M. et al.* Identification of separable cognitive factors in schizophrenia // *Schizophr. Res.* 2004. № 72. P. 29.
4. *Стрелец В.Б., Гарах Ж.В.* Когнитивные дисфункции при шизофрении // *Вестник РГНФ.* 2009. Вып. 1. № 54. С. 130.
5. *Eger E., Sterzer P., Russ M.O. et al.* A supramodal number representation in human intraparietal cortex // *Neuron.* 2003. V. 37. № 4. P. 719.
6. *Chochon F., Cohen L., Dehaene S. et al.* 1999. Differential contributions of the left and right inferior parietal lobules to number processing // *J. Cogn. Neurosci.* V. 11. № 6. P. 617.
7. *Panel P., Dehaene S., Riviera D. et al.* Modulation of Parietal Activation by Semantic Distance in a Number Comparison Task // *NeuroImage.* 2004. V. 22. № 3. P. 1414.
8. *Naatanen R.* Early selective-attention effect on evoked potential reinterpreted // *Acta Psychologica.* 1978. V. 42. № 4. P. 313.
9. *Иваницкий А.М., Стрелец В.Б., Корсаков И.А.* Информационные процессы мозга и психической деятельности. М.: Наука, 1984. С. 180.
10. *Стрелец В.Б.* Психофизиологические характеристики восприятия в норме и при некоторых видах психической патологии. Дисс. на соискание ученой степени доктора медицинских наук. М.: НИИОСП им. Сербского, 1985. С. 83.
11. *Arkhipov A.Yu., Rodionov G.I., Nurbekov M.K. et al.* Disturbance of RELN Gene Methylation inpatients with the Paranoid Syndrome // *Ijrsrm-Human.* 2018. V. 10. № 4. P. 1.
12. *Ruppin E., Reggia J., Horn D.* Pathogenesis of Schizophrenic Delusions and Hallucinations, A Neural Model // *Schizophrenia Bulletin.* 1996. V. 22. № 1. P. 105.
13. *McCandliss B.D., Cohen L., Dehaene S.* Trends in Cognitive Sciences. 2003. V. 7. № 7. P. 293.
14. *Strelets V.B., Farber P.L., Golikova J. et al.* Chronic schizophrenics have shortened EEG microstate durations // *Clinical Neurophysiology.* 2003. V. 114. № 11. P. 2043.
15. *Spironelli C., Angrilli A., Stegagno L.* Failure of language lateralization in schizophrenia patients: an ERP study on early linguistic components // *J. Psychiatry & neuroscience: JPN.* 2008. V. 33. № 3. P. 235.
16. *Hillyard S., Teder-Sälejärvi W.A., Münte T.F.* Temporal dynamics of early perceptual processing // *Curr. Opin. Neurobiol.* 1998. V. 8. № 2. P. 202.
17. *Nieder A., Dehaene S.* Representation of Number in the Brain // *Annual Review of Neuroscience.* 2009. № 32. P. 185.
18. *Симонова Н.И., Гарах Ж.В., Зайцева Ю.С. и др.* Нейрофизиологические механизмы нарушения зрительного восприятия при шизофрении // *Социальная и клиническая психиатрия.* 2014. Т. 24. № 1. С. 81.
19. *Amaresha A.C., Danivas V., Shivakumar V. et al.* Clinical correlates of parametric digit-symbol substitution test in schizophrenia // *Asian J. Psychiatry.* 2014. № 10. P. 45.
20. *Angrilli A., Spironelli C., Elbert T. et al.* Schizophrenia as failure of left hemispheric dominance for the phonological component of language // *PLoS One.* 2009. V. 4. № 2. P. 18.
21. *Ballan M.* Pattern Approach of Event-Related Brain Dynamics a Two-Digit Number Comparison Study // *Studia Psychologica.* 2012. V. 54. № 4. P. 271.
22. *Ballan M.* Empirical and Theoretical Studies on Number Comparison: Design Parameters and Research Questions // *Scientifica.* 2012. № 3. P. 1.
23. *Cohen L., Dehaene S.* Cerebral Networks for Number Processing: Evidence from a Case of Posterior Callosal Lesion // *Neurocase.* 1996. V. 2. P. 155.
24. *Cohen Kadosh R., Walsh V.* Numerical Cognition: Reading Numbers from the Brain // *Current Biology.* 2009. V. 19. № 19. P. 898.
25. *Cohen Kadosh R., Henika A., Rubinstena O. et al.* Are numbers special? The comparison systems of the human brain investigated by fMRI // *Neuropsychologia.* 2005. № 43. P. 1238.
26. *Cohen Kadosh R., Cohen Kadosh K., Kaas A. et al.* Notation-Dependent and -Independent Representations of Numbers in the Parietal Lobes // *Neuron.* 2007. № 53. P. 307.

27. *Cohen Kadosh R., Walsh V.* Numerical representation in the parietal lobes: Abstract or not abstract? // *Behavioral and Brain Sciences*. 2009. № 32. P. 313.
28. *Cohen Kadosh R., Cohen Kadosh K., Linden D.E.J. et al.* The Brain Locus of Interaction between Number and Size: A Combined Functional Magnetic Resonance Imaging and Event-related Potential Study // *J. Cognitive Neuroscience*. 2007. V. 19. № 6. P. 957.
29. *Cohen Kadosh R., Bahrami B., Walsh V. et al.* Specialization in the human brain: the case of numbers // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2011. V. 5. № 62. P. 1.
30. *Dehaene S.* Numerical Cognition (Cognition Special Issues). Oxford: Blackwell Publishing, 1993. P. 36.
31. *Dehaene S.* Varieties of numerical abilities // *Cognition*. 1992. V. 44. P. 1.
32. *Dickinson D.* Digit symbol coding and general cognitive ability in schizophrenia: worth another look? // *British J. Psychiatry*. 2008. V. 193. P. 354.
33. *Elvevag B., Goldberg T.E.* Cognitive impairment in schizophrenia is the core of the disorder // *Critical Reviews in Neurobiology*. 2000. V. 14. № 1. P. 1.
34. *Garakh Zh., Zaytseva Yu., Strelets V. et al.* EEG correlates of a mental arithmetic task in patients with first episode schizophrenia and schizoaffective disorder // *Clin. Neurophysiol.* 2015. V. 126. № 11. P. 2090.
35. *Gebius T., Cohen Kadosh., de Haan E. et al.* Automatic quantity processing in 5-year olds and adults // *Cogn Process*. 2009. V. 10. P. 133.
36. *Hyde D.C., Spelke E.S.* All Numbers Are Not Equal: An Electrophysiological Investigation of Small and Large Number Representations // *J. Cognitive Neuroscience*. 2008. V. 21. № 6. P. 1039.
37. *Jiang T., Li J., Qiao S. et al.* The N170 and VPP elicited by numerals reflect different neural processes // *Research*. 2017. № 13. P. 12.
38. *Libertus M.E., Woldorff M.G., Brannon E.M.* Electrophysiological evidence for notation independence in numerical processing // *Behavioral and Brain Functions*. 2007. № 3. P. 1.
39. *Nuechterlein K.H., Barch D.M., Gold J.M. et al.* Identification of separable cognitive factors in schizophrenia // *Schizophr. Res*. 2004. V. 72. P. 29.
40. *Plodowski A., Swainson R., Jackson G.M. et al.* Mental representation of number in different numerical forms // *Current Biology*. 2003. №13. P. 2045.
41. *Peters L., Smed B., Op de Beeck H.* The neural representation of Arabic digits in visual cortex // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2015. № 9. P. 517.
42. *Piazza M., Eger E.* Neural foundations and functional specificity of number representations // *Neuropsychologia*. 2015. № 83. P. 257.
43. *Salillas E., Gil-Lopez C., Perea M. et al.* Neural Correlates of Visual versus Abstract Letter Processing in Roman and Arabic Scripts // *J. Cogn. Neurosci.* 2013. № 25. P. 1975.
44. *Salillas E., Carreiras M.* Core Number Representations Are Shaped by Language // *Cortex*. 2013. № 52. P. 1.
45. *Spironelli C., Angrilli A.* Language-related gamma EEG frontal reduction is associated with positive symptoms in schizophrenia patients // *Schizophrenia research*. 2015. V. 165. № 1. P. 22.
46. *Takaya Sh., Kuperberg G.R., Liu H. et al.* Asymmetric projections of the arcuate fasciculus to the temporal cortex underlie lateralized language function in the human brain // *Front. Neuroanat*. 2015. V. 9. № 1. P. 1.
47. *Turconi E., Jemel B., Rossion B. et al.* Electrophysiological evidence for differential processing of numerical quantity and order in humans // *Cognitive Brain Research*. 2004. V. 21. P. 22.
48. *Turconi E., Campbell J.I.D., Seron X.* Numerical order and quantity processing in number comparison // *Cognition*. 2006. V. 98. P. 273.
49. *Williams T., Nuechterlein K.H., Subotnik K.L. et al.* Distinct Neural Generators of Sensory Gating in Schizophrenia // *Psychophysiology*. 2011. V. 48. № 4. P. 470.
50. *Гарах Ж.В., Зайцева Ю.С., Новотоцкий-Власов В.Ю. и др.* Влияние инструкции на ранние этапы зрительного восприятия вербальных стимулов в норме и при шизофрении // *Журн. высш. нервн. деят.* 2017. Т. 67. № 1. С. 68.
51. *Марьина И.В., Стрелец В.Б., Гарах Ж.В. и др.* Анализ вызванных потенциалов мозга на вербальные стимулы в норме и при шизофрении // *Журн. высш. нервн. деят.* 2012. Т. 62. № 2. С. 157.
52. *Ребрейкина А.Б., Новотоцкий-Власов В.Ю., Стрелец В.Б.* Отражение в вызванном потенциале процессов переработки зрительно предъявляемых вербальных стимулов // *Журн. высш. нервн. деят.* 2008. Т. 58. № 3. С. 294.
53. *Стрелец В.Б.* Картирование биопотенциалов мозга при эмоциональной и когнитивной патологии // *Журн. высш. нервн. деят.* 1997. Т. 47. № 2. С. 226.
54. *Стрелец В.Б., Ребрейкина А.Б.* Вызванные потенциалы на события при разных типах переработки слов // *Вестник РГНФ*. 2006. Т. 3. № 44. С. 194.
55. *Стрелец В.Б., Гарах Ж.В., Марьина И.В. и др.* Временные характеристики начальной стадии обработки вербальной информации в норме и при шизофрении // *Журн. высш. нервн. деят.* 2012. Т. 62. № 2. С. 165.
56. *Стрелец В.Б., Архинов А.Ю., Гарах Ж.В. и др.* Латентность сенсорных и когнитивных составляющих вызванного потенциала при восприятии вербальных стимулов в норме и при шизофрении // *Журн. высш. нервн. деят.* 2015. Т. 65. № 4. С. 400.
57. *Стрелец В.Б., Масленникова А.В., Ушаков В.Л. и др.* ФМРТ на угрожающие стимулы у больных острой параноидной шизофренией // *Психиатрия*. 2017. № 75. С. 43.
58. *Цветкова Л.С.* Нейропсихология счета, письма и чтения: нарушение и восстановление. М.: "Юристь", 1997. С. 11.

Neurophysiological Features of Symbol Perception of Roman and Arabic Numerals in Paranoid Schizophrenia Patients

G. I. Rodionov^{a, *}, E. A. Luschekina^a, P. N. Kudryashov^b, V. B. Strelets^{a, **}

^a*Institute of Highest Nervous Activity and Neurophysiology Russian Academy of Science, Moscow, Russia*

^b*State Budgetary Institution of Healthcare of Moscow, Psychiatric Clinical Hospital №4 (in the honor of P.B. Gannushkin), Moscow, Russia*

*E-mail: sooperego@ya.ru

**E-mail: strelets@aha.ru

We studied the latencies and amplitudes of P100, N170 and P200 components of the evoked potentials (ERP) during visual presentation of Roman and Arabic numerals in healthy subjects and patients with paranoid schizophrenia. The activation level was considered as the ratio of values in response to Arabic and Roman numerals. The P100 latency to Arabic numerals in controls was shorter in the occipital and parietal areas, while the amplitude was higher in the left posterior temporal area. In schizophrenia patients the P100 amplitude to Arabic numerals was higher in the left temporal area and smaller in the right central area. The intergroup analysis showed that P100 amplitude in the central parietal, left temporal and right posterior temporal areas to Arabic numerals in controls was greater than in the schizophrenia patients. The N170 latency to Arabic numerals in controls was shorter in the left occipital, right temporal and parietal areas, while the amplitude was smaller in the right posterior temporal area. In schizophrenia patients N170 latency to Arabic numerals was only shorter in the middle parietal area. The intergroup analysis showed that N170 latency to both types of stimuli in controls was shorter than in patients in the occipital areas, and amplitude of this wave to roman numerals was higher in the right posterior temporal area. The P200 latency to Arabic numerals in controls was shorter in left frontal area, while the amplitude was higher in the middle frontal and left temporal areas. In schizophrenia patients the P200 latency to Arabic numerals was longer in the left occipital region, and the amplitude was lower in the middle central and right occipital areas. The intergroup analysis showed that the latency to Arabic numerals was shorter in the left parietal area in controls than in patients, and the amplitude in the right central and left temporal areas was greater. The P200 amplitude to Roman numerals in the right prefrontal and left frontal areas was higher in controls than in patients. Thus, the levels of activation of different cortical areas to the two types of stimuli are different in healthy subjects and schizophrenia patients. This finding reflects the differences in the characteristics of these stimuli.

Keywords: evoked potentials, ERP, schizophrenia, P100, N170, P200, Arabic and Roman numerals, perception.