

**ФИЗИОЛОГИЯ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ
(КОГНИТИВНОЙ) ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА**

УДК 612.821, 159.9.072, 159.937.52

**НЕГАТИВНОСТЬ, СВЯЗАННАЯ С ОШИБКОЙ, КАК МАРКЕР
НЕОСОЗНАВАЕМОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ
К МНОГОЗНАЧНОСТИ СТИМУЛА**

© 2019 г. О. В. Щербакова^{1,*}, М. Г. Филиппова¹, Ю. Ю. Штыров^{1,2}

¹ Факультет психологии, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

² Центр функциональной интегративной нейронауки, Университет Орхуса, Орхус, Дания

* e-mail: o.shcherbakova@spbu.ru

Поступила в редакцию 22.06.2018 г.

После доработки 27.07.2018 г.

Принята к публикации 24.09.2018 г.

Умение правильно распознавать и обрабатывать многозначную информацию является важным когнитивным навыком, однако нейрональные корреляты ложного опознания многозначности изучены недостаточно. Наше исследование было посвящено проверке гипотезы о существовании общего нейронального маркера ошибочного опознания разных типов многозначной информации как однозначной. В качестве неоднозначных стимулов использовались вербальная (анекдоты) и невербальная (двойственные изображения) информация, предъявляемая испытуемым зрительно во время записи вызванных потенциалов при помощи электроэнцефалографии. Мы ожидали, что нейрональным коррелятом такой реакции может стать т.н. негативность, связанная с ошибкой (НСО). НСО была обнаружена только в случае ошибочного восприятия двойственных изображений как однозначных, но не в случае ошибочного восприятия анекдотов как неюмористических историй. Мы предполагаем, что НСО может являться как маркером автоматического мониторинга соответствия значения стимула поведенческому ответу, так и показателем уровня осознанности альтернативных значений стимула.

Ключевые слова: негативность, связанная с ошибкой (НСО), многозначность, двойственные изображения, анекдоты

DOI: 10.1134/S0044467719030146

ВВЕДЕНИЕ

Практически любая поступающая к нам информация в той или иной степени обладает многозначностью. Умение распознавать и обрабатывать эту многозначность является важным когнитивным навыком человека, определяющим его познавательную и социальную успешность. Однако механизмы, используемые нашим мозгом для обработки многозначных стимулов, не вполне очевидны.

В своей предыдущей работе мы показали, что существует общий нейрональный маркер обработки вербальной и невербальной многозначности. Этим маркером является усиление негативности компонента N400 в случае правильной идентификации испытуемым многозначности вербального или невербального стимула [Filipova et al., 2019]. Теперь своей задачей мы поставили проверку гипотезы о наличии общей реакции на ошибку при неверной идентификации вербальной и невербальной многозначной информации как однозначной. Мы ожидали, что нейрональным коррелятом такой реакции может стать негативность, связанная с ошибкой (НСО), – вызванный потенциал, возникающий в передне-центральных областях мозга примерно через 100 мс после ошибочной реакции и предположительно являющийся маркером совершенной субъектом ошибки [Gehring et al., 1993, 2018; Wilkowski, Robinson, 2016; Dehaene, 2018].



МЕТОДИКА

Испытуемые

В исследовании приняли участие 14 добровольцев (9 женщин, ср. возраст 22 года) –

Таблица 1. Примеры двойственных и однозначных изображений (слева), анекдотов и неюмористических историй (справа)

Table 1. Examples of ambiguous and non-ambiguous figures (left), verbal jokes and non-humoristic stories (right)

Двойственное изображение	Однозначное изображение		Анекдот	Неюмористическая история
		<p>Основной текст</p> <p>Ключевая фраза</p>	<p>В студенческой столовой:</p> <p>– Дайте мне, пожалуйста, три вторых.</p> <p>– А корень из минус двух не хотите?</p>	<p>– А первое Вы есть не будете?</p>

здоровые праворукие носители русского языка с нормальным (либо скорректированным до нормы) зрением. Взаимодействие с испытуемыми осуществлялось в соответствии с принципами Хельсинкской декларации после получения информированного согласия на участие.

Процедура

Испытуемым в максимально приближенных экспериментальных условиях последовательно предъявляли сперва невербальные, а затем вербальные стимулы с задачей определять, являлся ли каждый из них многозначным, с помощью нажатия клавиш “1” или “2” на клавиатуре компьютера. Пауза между ответом испытуемого и предъявлением следующего стимула варьировалась случайным образом в диапазоне 900–1500 мс. Обратной связи о правильности/неправильности ответов испытуемые не получали; время ответа не было ограничено. Длительность эксперимента составила около 30 мин.

Стимульный материал

Невербальные стимулы

Мы использовали 36 двойственных (относящихся одновременно к двум смысловым категориям) и 36 однозначных (относящихся только к одной смысловой категории), но выполненных в схожей технике изображений (табл. 1, слева), 10 × 10 см каждое. Изображения предъявлялись по одному в центральной части экрана компьютера в течение 500 мс.

Вербальные стимулы

(анекдоты/неюмористические истории)

Мы использовали 14 анекдотов и 14 аналогичных, но не юмористических историй в ка-

честве контроля. Контрольные истории были созданы путем изменения ключевой фразы анекдотов таким образом, чтобы описанная в них ситуация превращалась в рассказ о несмешном повседневном событии. Многозначность анекдотов обеспечивается за счет их особой когнитивной структуры, совмещающей в себе два противоположных сценария действий в рамках одной и той же ситуации [Wyer, Collins, 1992]. Один из этих сценариев соответствует предсказуемому (несмешному) ходу событий, а другой противоположен ему, приводит к неожиданному исходу и является смешным (табл. 1, справа). Оба сценария пересекаются за счет ключевого слова или фразы. Если испытуемый понял анекдот, активируются оба сценария, и история воспринимается как многозначная, а если нет – активируется только один сценарий, что приводит к восприятию текста как однозначного.

Выровненные по длине анекдоты и контрольные истории предъявлялись в центре монитора (язык предъявления – русский). Сначала на экран выводилась основная часть текста без ключевой фразы; после нажатия испытуемым клавиши ENTER пословно выводилась ключевая фраза (представляющая собой либо оригинальную концовку анекдота, либо ее модифицированную версию, лишующую текст многозначности). Каждое слово ключевой фразы предъявлялось на 500 мс. Средняя длина фразы составляла пять слов.

Оборудование

Испытуемые помещались в затемненной звукоизолированной камере на расстоянии 85 см от 17-дюймового монитора (SyncMaster 171T CRT (Samsung Group, Сеул, Южная Корея) с разрешением 1024 × 768 пикселей, с ча-

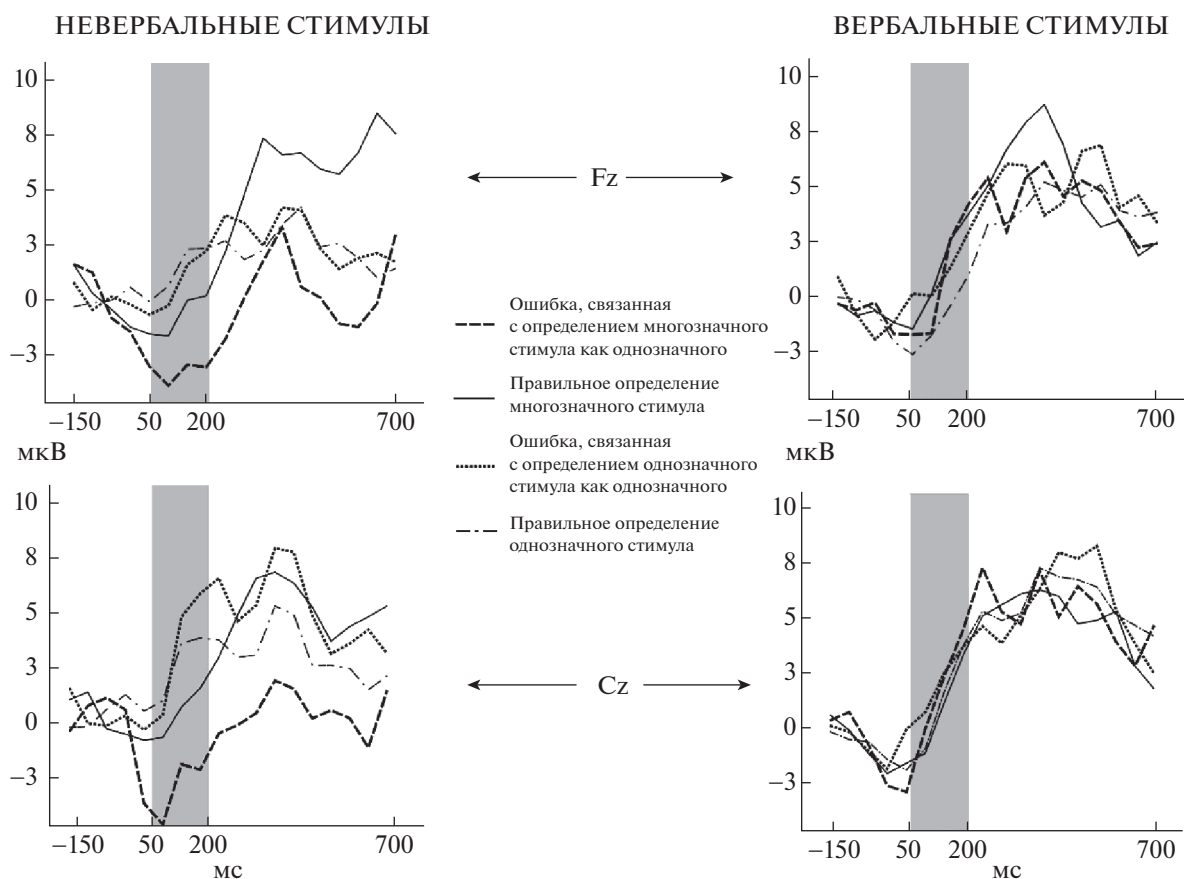


Рис. 1. Вызванные потенциалы, сопровождающие правильную и ошибочную идентификацию вербальной и невербальной многозначности. Интервал НСО выделен серым.

Fig. 1. ERPs elicited during correct and erroneous detection of verbal and non-verbal ambiguity. The ERN time window is highlighted in grey.

стойкой вертикальной развертки 75 Гц). Стимулы предъявлялись с помощью программного пакета ExperStim v.3.3, разработанного лабораторией психофизиологии СПбГУ.

Запись ЭЭГ и анализ данных

Запись электроэнцефалограмм (ЭЭГ) и электроокулограмм (ЭОГ) испытуемых осуществлялась посредством 21 электрода (Ag/AgCl). Референтные электроды располагались на мочках ушей с межэлектродным сопротивлением не более 20 кОм. В качестве заземления был использован дополнительный электрод в точке FPz. Использовался ЭЭГ-усилитель Телепат 104Р (ООО Потенциал, Санкт-Петербург, Россия) с наложением фильтра на частоты ниже 1.6 и выше 70 Гц и частотой дискретизации 250 Гц. Для устранения помех был также наложен заградительный узкополосный фильтр 50 Гц.

Потенциальная реакция на ошибку при восприятии вербальных и невербальных многозначных стимулов измерялась с помощью ВП, регистрируемых в момент реакции испытуемого (нажатия им на клавишу "1" или "2"). Анализировались ЭЭГ-данные, зарегистрированные в течение 200 мс до и 700 мс после реакции (т.е. каждый интервал составил 900 мс). Глазодвигательные артефакты удалялись с помощью алгоритма линейной регрессии (программный пакет WinEEG, Мицар, Санкт-Петербург, Россия). Также была применена поправка с вычитанием базовой линии в диапазоне от 200 до 0 мс до момента реакции испытуемого. Амплитуды ВП, отклонявшиеся от среднегрупповых значений более, чем на три сигмы (1.37% вербальных и 1.11% невербальных проб), были исключены из анализа.

Для статистического анализа амплитуды ВП использовалась ANOVA с повторными измерениями. Для каждого испытуемого в каждом из восьми используемых условий (правильно/неправильно * анекдот/неюмористическая история; правильно/неправильно * двойственное/однозначное изображение) были рассчитаны средние амплитуды ВП по последовательным окнам длительностью 50 мс.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Было показано (см. рис. 1), что для двойственных изображений, ошибочно опознанных как однозначные, по сравнению с другими экспериментальными условиями (правильно опознанной многозначностью, правильно опознанной однозначностью и неправильно опознанной однозначностью), наблюдается усиление негативности ВП во временном интервале 50–200 мс, характерном для НСО, на электродах Fz ($F(3,622) = 12.6; p < 0.001$) и Cz ($F(3,625) = 6.96; p < 0.001$). Аналогичного усиления негативности в указанном временном интервале для анекдотов, ошибочно принятых за неюмористические истории, зарегистрировано не было.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Испытуемые продемонстрировали неосознаваемую чувствительность к незамеченной ими многозначности двойственных изображений, но не к незамеченной юмористической составляющей анекдотов. Мы полагаем, что эта разница имеет следующее объяснение. Восприятие двойственного изображения представляет собой симультанную задачу. Оно предполагает *только два альтернативных варианта интерпретации* и связано с обязательной активацией их обоих на неосознаваемом уровне (вне зависимости от того, осознаны оба эти значения или только одно из них). Иными словами, даже если испытуемый ошибочно опознал двойственное изображение как однозначное, его альтернативное значение все равно является активированным на неосознаваемом уровне. В силу этого совершенная ошибка, хотя и может оставаться не осознанной, тем не менее, является достаточно “очевидной” для мозга, что и приводит к возникновению НСО. Это объяснение хорошо согласуется с представлением о том, что НСО является относительно автоматической реакцией [Coleman et al.,

2018], связанной с регистрацией когнитивного конфликта [Botvinick et al., 2001].

Восприятие же любого вербального текста разворачивается последовательно и предполагает наличие *большого количества альтернативных интерпретаций*, меняющихся по мере поступления информации. Выстраивание даже одной такой интерпретации представляет собой достаточно сложную когнитивную задачу, заключающуюся в синтезе всей наличной информации и формировании на ее основе непротиворечивой смысловой репрезентации описанных в тексте событий. Построив такую репрезентацию и сформировав интерпретацию предъявленной истории, испытуемый в течение некоторого времени субъективно воспринимает ее как единственно верную: возможные альтернативные истолкования, если и возникнут, то потребуют времени, а в момент появления первой интерпретации они не присутствуют даже на неосознаваемом уровне. В этом случае сличения данного в действительности ответа с ответом, который испытуемый намеревался дать, не происходит по причине отсутствия последнего. Таким образом, механизм, лежащий в основе возникновения НСО [Dehaene, 2018], не активируется, и соответствующий ВП не возникает.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гипотеза о существовании общего нейронального маркера ошибочного опознания вербальной и невербальной многозначной информации как однозначной не была подтверждена. НСО была обнаружена только в случае ошибочного восприятия двойственных изображений как однозначных, но не при ошибочном восприятии анекдотов как неюмористических историй. Мы предполагаем, что НСО в определенном случае может являться как маркером автоматического мониторинга соответствия значения стимула поведенческому ответу, так и показателем уровня осознанности альтернативных значений стимула.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование было поддержано грантом Правительства Российской Федерации № 14.W03.31.0010.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Botvinick M., Braver T., Barch D., Carter C., Cohen J.* Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*. 2001. 108: 624–652.
- Coleman J.R., Watson J.M., Strayer D.L.* Working memory capacity and task goals modulate error-related ERPs. *Psychophysiology*. 2018. 55 (3): e12805.
- Dehaene S.* The error-related negativity, self-monitoring, and consciousness. *Perspectives on Psychological Science*. 2018. 13 (2): 161–165.
- Gehring W.J., Goss B., Coles M.G., Meyer D.E., Donchin E.* A neural system for error detection and compensation. *Psychological science*. 1993. 4 (6): 385–390.
- Gehring W.J., Goss B., Coles M.G., Meyer D.E., Donchin E.* The error-related negativity. *Perspectives on Psychological Science*. 2018. 13 (2): 200–204.
- Filippova M.G., Shcherbakova O.V., Shtyrov Y.Y.* It is not what you think it is: ERP-correlates of verbal and non-verbal ambiguity processing. *Zh. Vyssh. Nerv. Deiat.* 2019. 69 (2):175-186.
- Wilkowski B.M., Robinson M.D.* Cognitive control processes underlying individual differences in self-control. In: *E. Hirt, L. Jia, J. Clarkson* (Eds.), *The state of depletion: Advances in the psychology of self-regulation and self-control*. 2016. San Diego, CA: Elsevier: 301–324.
- Wyer R.S., Collins J.E.* A theory of humor elicitation. *Psychological Review*. 1992. 99 (4): 663–688.

ERROR-RELATED NEGATIVITY AS A MARKER OF UNCONSCIOUS SENSITIVITY TO AMBIGUITY

O. V. Shcherbakova^{a,#}, M. G. Filippova^a, and Y. Y. Shtyrov^{a,b}

^a *Department of Psychology, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia*

^b *Center of Functionally Integrative Neuroscience, Aarhus University, Aarhus, Denmark*

[#] *e-mail: o.shcherbakova@spbu.ru*

The ability to detect and process ambiguous information is an important cognitive skill facilitating our understanding of the environment. However, neural correlates of erroneous detection of ambiguity are still poorly understood. In this study we tested a prediction that a neural marker of erroneous perception, the so-called error-related negativity (ERN), may potentially reflect erroneous judgements of ambiguous input as unambiguous one. We used verbal ambiguities (jokes) and non-verbal graphical information (ambiguous figures). The results showed that ERN was elicited only when mistaking ambiguous figures for non-ambiguous ones, but not when mistaking verbal jokes for non-humoristic stories. We interpret these findings that the ERN might be indicative of both potential covert awareness of alternative meanings of the stimuli and the stimulus-response correspondence.

Keywords: error-related negativity (ERN), ambiguity, ambiguous figures, verbal jokes