

КОГНИТИВНАЯ НАУКА В МОСКВЕ 2015

**КОГНИТИВНАЯ НАУКА
В МОСКВЕ: НОВЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ**

**МАТЕРИАЛЫ
КОНФЕРЕНЦИИ**



2015

Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман

ISBN 978-5-4465-0705-4



9 785446 507054 >

ЧЕМ ПРАВЫЕ СЛОВА ЛУЧШЕ ЛЕВЫХ — ИСТОРИЯ ОБУЧЕНИЯ СМЫСЛУ СЛОВА ВОПЛОЩЕНА В МЕХАНИЗМАХ ОБРАБОТКИ ЕГО СЕМАНТИКИ¹⁸

Жукова А.А. * (1), Николаева А.Ю. (1), Кравченко А.Н. (2), Прокофьев А.О. (1), Чернышев Б.В. (2), Строганова Т.А. (1)

vot.v.chem.sol@gmail.com

1 – МГППУ, 2 – ВШЭ, Москва, Россия

Аннотация. В настоящее время большую популярность в изучении мозговых механизмов когнитивных процессов набирает теория, получившая название «телесно-воплощенное познание» (*embodied cognition*). Согласно этой теории, телесный опыт, полученный в процессе обучения новым словам, напрямую отражается в процессах, связанных с восприятием этих слов после обучения. Результаты исследования показали, что обучение словам, обозначающим движения правой половины тела, по сравнению со словами, обозначающими движения левой половины тела, способствует более интенсивной активации семантических нейронных сетей мозга при восприятии смысла этих слов после обучения. Также обучение «правым» словам происходит быстрее и эффективнее, чем обучение «левым» словам. Полученные результаты подтверждают гипотезу, выдвинутую на основании теории «телесно воплощенного познания».

Ключевые слова: телесно-воплощенное познание, обучение словам движения, мозговая пластичность, МЭГ, обучение речи

Введение

В настоящее время все большую популярность в изучении мозговых механизмов когнитивных процессов набирает теория, получившая название телесно воплощенного познания (*embodied cognition*), согласно которой любые, даже такие сложные функции мозга как речь, опираются на работу сенсомоторных систем, участвующих в кодировании информации о моторном и сенсорном опыте тела. Большинство современных исследований в этой области свидетельствуют в пользу того, что зоны мозга, отвечающие, например, за программирование и осуществление двигательных актов, куда более важны для нормального функционирования речи, чем считалось ранее. Однако механизмы такого взаимодействия до сих пор остаются темой горячей дискуссии. Существуют по крайней мере три гипотезы об участии различных областей моторной коры в извлечении смысла слова. (1) Согласно одной из них,

¹⁸Работа выполнена на уникальной научной установке «МЭГцентр» МГППУ, финансируемой Министерством образования и науки РФ, уникальный идентификатор RFMEF161914X0006

для извлечения смысла слова необходима активация моторных зон, которая, однако, связывается с механизмами скрытой артикуляции (Fadiga et al., 2002). (2) Согласно альтернативной гипотезе, активация сенсорных/моторных зон при восприятии объектов/совершении действий воспроизводится в процессе извлечения семантики слов, обозначающих эти объекты/действия (Jirak et al., 2010). (3) Еще одна точка зрения (Marangolo et al., 2010) утверждает, что активация моторных зон левого полушария при предъявлении речевых стимулов отражает неспецифическую активацию латерализованных нейронных ансамблей, не имеющую значения для обработки семантики какого-либо конкретного слова (Hanlon et al., 1990). Цель нашего эксперимента — выяснить, влияют ли действия, осуществляемые левыми или правыми конечностями в процессе обучения незнакомым псевдо-словам, на асимметрию активации мозга в ответ на прослушивание этих же слов после того, как они обрели смысл. В этом эксперименте задача испытуемого — обучиться новым словам, обозначающим движения левой/правой кистью или левой/правой стопой методом проб и ошибок, совершая в ответ на каждое предъявление слова одно из четырех возможных движений. О правильности совершенного действия испытуемого информировал сигнал обратной связи. Таким образом, бессмысленные слова приобретали значение «левых» или «правых» движений. Если гипотеза о связи движений с кодированием семантики слова верна, то история обучения «левым» и «правым» словам должна воплотиться в различной латерализации «семантического ответа» мозга при их предъявлении после обучения.

Методы

Выборку составили 28 здоровых праворуких испытуемых в возрасте 20–33 лет. В ходе эксперимента восемь псевдослов предъявлялись испытуемым акустически. Первый слог мог быть одним из четырех типов: хич-, хив-, хис-, хиш-. Четыре стимула имели окончание –а (хива, хиса, хича, хиша), четыре имели окончание –у (хиву, хису, хичу, хишу). Точка опознания (момент времени от начала стимула, когда стимул становился однозначным) для каждого стимула соответствовала началу последней фонемы и наступала в 410 мс от начала предъявления стимула. Четыре стимула в процессе обучения приобретали значения слов, обозначающих движение, четыре оставались псевдословами и служили дистракторами. Четыре экспериментальных серии проводили в строгой последовательности: первое пассивное прослушивание, обучающая серия, закрепляющая серия, второе пассивное прослушивание. Порядок предъявления стимулов — случайный во всех сериях. В первой и последней пассивных сериях испытуемые пассивно прослушивали звуковые стимулы. Внимание испытуемых было отвлечено просмотром немого кино.

Во второй (обучающей) серии испытуемый методом проб и ошибок обучался совершать одно из 4 движений (левой или правой ногой или рукой) на 4 из 8 стимулов. При предъявлении остальных 4 стимулов-дистракторов он должен был оставаться неподвижным. Сигнал положительной обратной связи подавался или в тех случаях, когда движение совпадало с означаемым это движение стимулом, или при отсутствии какого-либо движения на стимул-дистрактор. За другими движениями в ответ на стимул следовал сигнал отрицательной обратной связи. Серию останавливали по достижении испытуемым критерия обученности: 5 «ответов» для каждого из 8 стимулов. Третий блок (закрепляющий обучение) полностью повторял второй блок, но длился фиксированное время. Регистрацию МЭГ проводили с помощью 306-канальной системы МЭГ «VectorView» (Elekta Oy, Финляндия). Анализировали изменения МЭГ-сигнала, вызванные предъявлением каждой категории стимулов в двух пассивных сериях: до обучения (далее — p1) и после обучения (далее — p2). Данные МЭГ были разбиты на эпохи (–500:1500 мс относительно точки опознания) и усреднены для каждого из 8 стимулов в каждой из 2 пассивных серий. Для оценки общего эффекта активации «семантической» сети в левом и правом полушариях использовали простой показатель общей мощности ответа на сенсорах — RMS, аналог глобальной мощности поля в ЭЭГ. Для анализа скорости и эффективности обучения «левым» и «правым» словам измеряли отношение правильных ответов к общему числу предъявленных стимулов каждой категории в обучающей серии (далее — a1) и закрепляющей серии (далее — a2) по отдельности.

Результаты исследования

Мы предполагали, что обучение смыслу псевдослов, происходящее между первой и второй пассивными сессиями, должно отразиться на изменении активации семантической сети левого полушария. Поэтому анализ был направлен на сравнение ответа мозга на предъявление акустически идентичных слов в первой и второй пассивных сессиях. Однако различия между сессиями не исчерпывались изменениями осмысленности акустического стимула. Более мощным ожидаемым эффектом был эффект подавления ответа мозга при повторении тех же стимулов (Grill-Spector et al., 2006), который мог замаскировать семантический эффект. Для контроля эффекта повторения сравнения проводили в парах слово-дистрактор, ожидая, что эффект повторения, но не семантический эффект, будет одинаков для этих пар. Статистические сравнения в RMS для слов и дистракторов проводили для каждой миллисекунды постстимульного интервала, для коррекции множественных сравнений использовали пермутации с определением максимального размера временного кла-

стера, возникающего с вероятностью $p < .05$. Результаты анализа показали, что ответы мозга на слова и дистракторы, не различаясь в первой пассивной сессии, стали отличаться во второй. По времени возникновения различий между словами и дистракторами было выявлено два временных интервала: первый «левополушарный» интервал появлялся в окне 230–280 мс от точки опознания, второй — в окне 465–515 мс был характерен для обоих полушарий с выраженным левополушарным преобладанием. В обоих интервалах только что выученные слова вызывали больший ответ, чем дистракторы. Пространственно-временные характеристики полученных интервалов говорят в пользу того, что они соответствуют семантическому компоненту N400, который отражает интенсивность мозговых процессов, связанных с извлечением семантической информации из вербальных стимулов (Kutas, Federmeier, 2000) и преобладающих в левом полушарии (Halgren et al., 2002). Таким образом, вновь выученные слова были восприняты мозгом именно как вербальный стимул с определенной семантикой, тогда как нагрузка на семантические процессы для дистракторов была значимо меньшей. Для ответа на основной вопрос, будут ли различаться после обучения «левые» и «правые» слова в каждом из выявленных интервалов, был проведен дисперсионный анализ с факторами Сессия (первая и вторая пассивные сессии), Полушарие (левое и правое), Тип стимула (слова и дистракторы), Сторона тела («левые» и «правые» слова). Взаимодействие факторов «сессия»×«тип стимула»×«сторона тела» ($F(1,28) = 4.34$; $p = .04$), отражающее гипотетический эффект истории обучения «левым» и «правым» словам, оказалось значимым для второго временного интервала. В нем «правые» слова вызывала значимо большую левополушарную семантическую активацию, чем «левые» слова. Мы предположили, что движения правой части тела во время обучения «правым» словам каким-то образом способствовали более интенсивной и эффективной активации семантических нейронных сетей мозга. Если это так, то мозг должен обучаться «правым» словам быстрее и эффективнее, чем «левым». Чтобы проверить это предположение, мы оценили скорость обучения «левым» и «правым» словам в первой активной сессии и надежность обучения во второй, используя несколько показателей обучения (доля правильных ответов — *hit rate*; число проб, потребовавшихся для достижения критерия обучения в первой активной сессии; доля правильных ответов во второй активной сессии). Действительно, анализ показал, что испытуемые достоверно быстрее выучивали «правые» слова, чем «левые», и запоминали их прочнее. Более того, число предъявлений, требовавшееся для обучения «правым» словам, достоверно коррелировало с активацией левого полушария, которую эти слова вызывали при их пассивном прослушивании во второй сессии

(Spearman's $R = -0.39$; $p < .01$). Для «левых» слов значимые корреляции отсутствовали.

Заключение

Основной результат исследования показывает, что ассоциация нового, прежде незнакомого слова с движениями правой половины тела способствует более интенсивной и эффективной активации семантических нейронных сетей мозга, чем ассоциация нового слова с движениями левой половины тела. Более того, при таком необычном для взрослого человека способе запоминания смысла слов, мозг быстрее обучается «правым» словам, чем «левым», и запоминает «правые» слова надежнее, чем «левые». Полученные результаты прямо подтверждают предсказание, сделанное на основании гипотезы «телесно воплощенного познания».

Литература

- Fadiga L., Craighero L., Buccino G., Rizzolatti G.* Speech listening specifically modulates the excitability of tongue muscles: a TMS study // *European Journal of Neuroscience*. 2002. Vol. 15. No. 2. P. 399–402.
- Grill-Spector K., Henson R., Martin A.* Repetition and the brain: neural models of stimulus-specific effects // *Trends in cognitive sciences*. 2006. Vol. 10. No. 1. P. 14–23.
- Halgren E., Dhond R.P., Christensen N., Van Petten C., Marinkovic K., Lewine J.D., Dale A.M.* N400-like magnetoencephalography responses modulated by semantic context, word frequency, and lexical class in sentences // *Neuroimage*. 2002. Vol. 17. No. 3. P. 1101–1116.
- Hanlon R.E., Brown J.W., Gerstman L.J.* Enhancement of naming in nonfluent aphasia through gesture // *Brain and Language*. 1990. Vol. 38. No. 2. P. 298–314.
- Jirak D., Menz M.M., Buccino G., Borghi A.M., Binkofski F.* Grasping language-- A short story on embodiment // *Consciousness and Cognition*. 2010. Vol. 19. No. 3. P. 711–720.
- Kutas M., Federmeier K.D.* Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension // *Trends in Cognitive Sciences*. 2000. Vol. 4. No. 12. P. 463–470.
- Marangolo P., Bonifazi S., Tomaiuolo F., Craighero L., Coccia M., Altoè G., Provinciali L., Cantagallo A.* Improving language without words: first evidence from aphasia // *Neuropsychologia*. 2010. Vol. 48. No. 13. P. 3824–3833.

Why Right Words are Better than Left Words: How Learning Experience is Embodied in the Mechanisms of a Word's Semantic Processing

Zhukova A.A. * (1), Nikolaeva A.Y. (1), Kravchenko A.N. (2),
Prokofiev A.O. (1), Chernyshev B.V. (2), Stroganova T.A. (1)

vot.v.chem.sol@gmail.com

1 — MSUPE (Moscow State University of Psychology and Education),

2 — HSE (Higher School of Economics), Moscow, Russia

Abstract. The embodied cognition theory holds that cognitive processes are rooted in the body's interactions with the world. This prediction has never been tested directly. We designed a reward-learning task, which tested a participant's ability to acquire the meaning of four pseudowords designating the self-generated movements of left and right extremities. The results showed that 1) the "right words" associated with right hand/leg movements were learned faster than "left words", and 2) newly learned "right words" as compared to "left words" produced higher activation of left-hemispheric semantic networks. Thus, body experience during the acquisition of a new word's meaning appears to be imprinted into the semantic retrieval process.

Keywords: embodied cognition, novel action words learning, cortical plasticity, MEG, speech learning