

Влияние транскраниальной электрической стимуляции на усвоение новых слов

Анна А. Журавлева

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,

Москва, Россия, zhuravlevahanna@gmail.com

1. Введение

Усвоение новых слов играет ключевую роль как при освоении родного языка, так и при изучении иностранных языков. Слова в ментальном лексиконе представлены как сложная сеть взаимосвязей, хранящих как лингвистическую, так и неязыковую информацию, связанную со словами [Farah & McClelland 2013, p. 341]. При этом топологические характеристики нейронных сетей могут определяться семантикой слов и связанных с ними концептов [Bastiaansen et al. 2008, p. 16]. Однако ритмическая активность нейронных сетей при усвоении новых слов не изучалась подробно.

Усвоение слов – сложный когнитивный процесс, включающий как процессы языковой обработки, так и формирования памяти. На нейрональном уровне усвоение слов поддерживается различными функциональными структурами, синхронная работа которых обеспечивается ритмической активностью мозга. При этом разные ритмы связаны с различными процессами языковой обработки [Pena et al. 2012, p. 1149; Bastiaansen et al. 2005, p. 530; Rufener et al. 2016, p. 560] и памяти [Bastiaansen et al. 2010, p. 1333; Kepinska et al. 2017, p. 100]. Однако связь ритмов мозга и когнитивных процессов при усвоении слов не была описана подробно. Кроме того, большая часть исследований, посвященных усвоению новых слов, проводилась с помощью нейровизуализационных методов, таких как ЭЭГ. Однако данные методы не позволяют установить причинно-следственные взаимосвязи между ритмической активностью мозга и отдельными когнитивными функциями. С другой стороны, транскраниальная стимуляция переменным током (ТСПеТ) – метод, использующий слабое электрическое воздействие различной частоты через кожу головы для модуляции электрической активности мозга [Поздняков 2018, с. 23]. Во время ТСПеТ частота эндогенной электрической активности мозга синхронизируется с частотой экзогенного воздействия ТСПеТ. Таким

образом, данный метод позволяет установить причинно-следственные связи между частотой электрических колебаний мозга и исследуемой функцией.

2. *Цель*

Цель работы – определить влияние транскраниальной стимуляции переменным током на усвоение новых слов, а также установить роль тета-ритма при усвоении новых слов. Данное исследование будет одним из первых, применяющих ТСПеТ при усвоении новых слов.

3. *Метод*

В эксперименте приняли участие 30 здоровых носителей русского языка в возрасте от 18 до 41 года ($M = 27.8$, $SD = 6.18$, $f = 20$).

Стимульный материал состоял из 74 псевдослов [Stupina & Chrabaszc 2020] и их русских переводов [Akinina et al. 2014, pp. 691-707]. Экспериментальная парадигма включала задания на изучение слов и тестирование. Задания на изучение были: (1) аудиовизуальное предъявление стимулов, (2) задание на альтернативный выбор перевода и (3) задание на открытый перевод русского стимула. Тестирование включало задания на: (1) определение правильности пары псевдослово-перевод, (2) открытый перевод и (3) лексическое решение. Парадигма была валидирована ранее в онлайн-эксперименте [Zhuravleva et al. 2020, p. 57].

Участники выполняли задание при экспериментальном (ТСПеТ) и контрольном (плацебо) условиях. При каждом условии участник выполнял задания на активное изучение слов, тестирование сразу после изучения (краткосрочное) и тестирование спустя 4 дня после изучения (отложенное). ТСПеТ применялась на частоте 5,5 Гц в лобно-теменных зонах (F7 – P7, согласно [Jasper 1958, pp. 370-375]) в экспериментальном условии на этапе изучения слов. Оценивались только результаты тестирования.

4. *Результаты*

Для проверки гипотезы были построены обобщенные линейные смешанные модели с помощью библиотеки lme4 для R [Bates et al. 2015, pp. 1-48], а также проведены статистические тесты (ANOVA, тест Вилкоксона) для каждого задания и вида тестирования. Ни в одном из заданий не было установлено статистически значимой разницы между экспериментальным и контрольным условиями.

5. *Дискуссия*

Данная работа является одним из первых исследований ритмической активности мозга при усвоении новых слов при помощи ТСПеТ. Результаты не подтвердили гипотезу о влиянии ТСПеТ на тета-частоте 5,5 Гц, с амплитудой 1 мА в лобно-теменных зонах на эффективность усвоения новых слов. Данные результаты могут свидетельствовать о том, что заданные параметры стимуляции не подходят для достижения положительного эффекта.

Во-первых, предыдущие работы установили повышенную активность тета-ритма в заданиях на краткосрочную вербальную память [Pena et al. 2012, p. 1161], тогда как парадигма в данной работе предполагала долгосрочное запоминание слов. Кроме того, тета-частоты ранее описывались как маркер лексико-семантического доступа при извлечении лексических единиц [Bastiaansen et al. 2005, p. 536], однако их роль при кодировании информации была менее значимой [Klimesch et al. 2001, p. 51; Bastiaansen et al. 2008, p. 26]. С другой стороны, предыдущие исследования свидетельствовали о важной роли высокочастотных колебаний при формировании памяти [Ambrus et al. 2015, p. 374], а также в процессах внимания и информационной обработки [Kerinska et al. 2017, p. 107; Bastiaansen et al. 2005, p. 531]. Таким образом, можно предположить, что роль тета-ритма является значимой при извлечении лексических единиц из долгосрочной памяти, но не при их кодировании, что подтверждается данной работой.

Во-вторых, предыдущие работы демонстрировали положительный эффект стимуляции в височно-теменных зонах [Antonenko et al. 2016, p. 9], однако в данной работе ТСПеТ применялась в важных для языковой обработки лобно-теменных зонах [Ojemann et al. 1989, p. 325], не тестируемых ранее в работах по усвоению новых слов. Отсутствие эффекта стимуляции может свидетельствовать о значимой роли локализации ТСПеТ при усвоении новых слов.

Литература

Поздняков 2018 - *Поздняков И.* Транскраниальная электрическая стимуляция: возможности и ограничения // Российский журнал когнитивной науки. 2018. №5(3). С. 18 - 36.

Akinina et al. 2014 - *Akinina, Y., Malyutina, S., Ivanova, M., Iskra, E., Mannova, E., & Dragoy, O.* Russian normative data for 375 action pictures and verbs. // Behavior research methods. 2015. Vol. 47, no. 3. P. 691-707.

- Ambrus et al. 2015 - *Ambrus, G. G., Pisoni, A., Primaßin, A., Turi, Z., Paulus, W., & Antal, A.* Bi-frontal transcranial alternating current stimulation in the ripple range reduced overnight forgetting // *Frontiers in Cellular Neuroscience*. 2015. Vol. 9. P. 374.
- Antonenko et al. 2016 - *Antonenko, D., Foxel, M., Grittner, U., Lavidor, M., & Flöel, A.* Effects of transcranial alternating current stimulation on cognitive functions in healthy young and older adults // *Neural plasticity*. 2016. Vol. 2016. pp. 1 – 13.
- Bastiaansen et al. 2005 - *Bastiaansen, M. C., Van Der Linden, M., Ter Keurs, M., Dijkstra, T., & Hagoort, P.* Theta responses are involved in lexical—Semantic retrieval during language processing. // *Journal of cognitive neuroscience*. 2005. Vol. 17, no. 3. P. 530-541.
- Bastiaansen et al. 2008 - *Bastiaansen, M. C., Oostenveld, R., Jensen, O., & Hagoort, P.* I see what you mean: theta power increases are involved in the retrieval of lexical semantic information. // *Brain and language*. 2008. Vol. 106, no. 1. P. 15-28.
- Bastiaansen et al. 2010 - *Bastiaansen, M., Magyari, L., & Hagoort, P.* Syntactic unification operations are reflected in oscillatory dynamics during on-line sentence comprehension // *Journal of cognitive neuroscience*. 2010. Vol. 22, no. 7. P.1333-1347.
- Bates et al. 2015 - *Bates D, Mächler M, Bolker B, Walker S.* Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. // *Journal of Statistical Software*. 2015. Vol. 67, no. 1. P. 1–48.
- Farah et al. 2013 - *Farah, M. J., & McClelland, J. L.* A computational model of semantic memory impairment: Modality specificity and emergent category specificity // *Journal of Experimental Psychology*. 2013. Vol. 120, no. 4. P. 79-110.
- Jasper 1958 - Jasper, H. H. The ten-twenty electrode system of the International Federation // *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 1958. Vol. 10. P. 370-375.
- Kepinska et al. 2017 - *Kepinska, O., Pereda, E., Caspers, J., & Schiller, N. O.* Neural oscillatory mechanisms during novel grammar learning underlying language analytical abilities. // *Brain and Language*. 2017. Vo. 175. P. 99-110.
- Klimesch et al. 2001 - *Klimesch, W., Doppelmayr, M., Stadler, W., Pöllhuber, D., Sauseng, P., & Röhme, D.* Episodic retrieval is reflected by a process specific increase in human electroencephalographic theta activity // *Neuroscience letters*. 2001. Vol. 302, no. 1. 49-52.

Ojemann, et al. 1989 - *Ojemann G., Ojemann J., Lettich E., Berger M.* Cortical language localization in left, dominant hemisphere: an electrical stimulation mapping investigation in 117 patients. // *Journal of neurosurgery*. 1989. Vol. 71, no. 3. P. 316-326.

Pena & Melloni 2012 - *Peña, M., & Melloni, L.* Brain oscillations during spoken sentence processing. // *Journal of cognitive neuroscience*. 2012. Vol. 24, no. 5. P. 1149-1164.

Rufener et al. 2016 - *Rufener, K. S., Oechslin, M. S., Zaehle, T., & Meyer, M.* Transcranial Alternating Current Stimulation (tACS) differentially modulates speech perception in young and older adults. // *Brain Stimulation*, 2016. Vol. 9, no. 4. P. 560-565.

Stupina & Chrabaszcz 2020 - *Stupina, E., Chrabaszcz, A.* When gender incongruity is not a problem: Evidence from artificial language learning. [Manuscript submitted for publication]. Center for Language and Brain, National Research University Higher School of Economics

Zhuravleva et al. 2020 - *Zhuravleva, A., Stupina, E., & Malyutina, S.* Development of novel word acquisition paradigm for non-invasive brain stimulation studies // *Neurobiology of Speech and Language* / O. Shcherbakova (ed). St. Petersburg: Saint Petersburg State University, 2020. P. 56-57.