

КОГНИТИВНАЯ НАУКА

В МОСКВЕ



НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

МАТЕРИАЛЫ
КОНФЕРЕНЦИИ
2023

Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман, А.Я. Койфман

УДК 159.9
ББК 88.25
К57

Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 21 – 22 июня 2023 г. Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман, А.Я. Койфман. – М.: ООО «Буки Веди», Московский институт психоанализа. 2023 г. – 604 стр.

© Авторы статей, 2023

ISBN 978-5-4465-3880-5

УДК 159.9
ББК 88.25

ISBN 978-5-4465-3880-5

© Авторы статей, 2023

ВЛИЯНИЕ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ЗОНЫ ВЕРНИКЕ НА ТОЧНОСТЬ РАСПОЗНАВАНИЯ АУДИАЛЬНЫХ СТИМУЛОВ НА ФОНЕ ШУМА У НОРМОТИПИЧНЫХ ВЗРОСЛЫХ

В. А. Манасевич* (1), О. А. Григорьева (2), А. А. Павлова (3), А. И. Сулимова (4),
О. Е. Румянцева (3), Д. С. Абузова (2)
manasevich.va@talantiuspeh.ru

1 – НТУ «Сириус», Сочи;

2 – НИУ ВШЭ, факультет социальных наук, Москва;

3 – НИУ ВШЭ, Институт образования, Москва;

4 – РАНХиГС, факультет психологии, Москва

Аннотация. Изменение возбудимости коры головного мозга при помощи транскраниальной электрической стимуляции (ТЭС) – набирающий популярность метод в сфере нейрореабилитации пациентов с нарушениями речи. Большая часть исследований направлены на изучение влияния ТЭС на навыки чтения или на различение аудиальных стимулов на фоне шума у взрослых и детей с дислексией. Однако до сих пор остается непроясненным вопрос о влиянии ТЭС на различение слов и псевдослов на фоне шума у нормотипичных взрослых. Для изучения этого вопроса было проведено исследование по оценке точности различения аудиальных стимулов (слов и псевдослов) на фоне шума до и после ТЭС зоны Вернике у 13 респондентов в возрасте 20–28 лет ($M = 26.6$) без выявленных речевых нарушений. Полученные результаты показывают, что после стимуляции в течение 10 минут постоянным током силой 1.5 миллиампер количество ошибок значительно снижается при распознавании как слов, так и псевдослов по сравнению с условием до стимуляции. Результаты настоящего эксперимента могут послужить основой для будущих исследований дислексии и других речевых расстройств.

Ключевые слова: ТЭС, зона Вернике, различение аудиостимулов, речь, нормотипичность, дислексия, псевдослова, сигнал на фоне шума

Исследование реализовано в рамках модуля «Современные методы когнитивных исследований» в НТУ «Сириус».

Введение

В последние годы популярность такого неинвазивного метода изменения активности мозга, как транскраниальная электрическая стимуляция (ТЭС), растет в сфере клинических исследований благодаря низкой вероятности развития побочных эффектов (Turker, Hartwigsen, 2022). В основе ТЭС лежит принцип изменения мембранного потенциала покоя нейронов в результате воздействия постоянным электрическим током слабой силы (1–3 мА). В ранних исследованиях при стимуляции анодной ТЭС различных зон головного мозга был

установлен возбуждающий эффект вследствие деполяризации нервных клеток, тогда как для катодной ТЭС был выявлен эффект подавления нейронной активности вследствие гиперполяризации (Purpura et al., 1965). Значительная часть работ в данной области посвящены применению ТЭС в ходе реабилитации пациентов с разными видами афазий (Norise et al., 2017), а также при модуляции когнитивных процессов у нормотипичных взрослых и детей (Cancer, Antonietti, 2018). Однако до сих пор остается малоизученным влияние ТЭС на обработку аудиальных стимулов. Предыдущие исследования были проведены с участием пациентов с дислексией (Rahimi et al., 2022), либо дизайн экспериментов был направлен на оценку временного различия невербальных аудиостимулов (Ladeira et al., 2011). В нашем исследовании были использованы такие аудиальные стимулы, как слова и псевдослова, а в качестве респондентов выступили нормотипичные взрослые. В более ранних исследованиях было установлено, что анодная ТЭС височной зоны в левом полушарии приводит к уменьшению количества ошибок в задании на обнаружение целевого стимула среди шума (Rahimi et al., 2022), а также в задании на установление источника стимула в пространстве (Lewald, 2016), поэтому в нашем экспериментальном задании мы также стимулировали зону Вернике (зона стимуляции определялась исходя из расположения электрода CP5). Согласно нашей гипотезе, анодная ТЭС зоны Вернике у нормотипичных взрослых приводит к снижению числа ошибочных распознаваний слов и псевдослов на фоне шума по сравнению с числом распознаваний аналогично предъявляемых слов и псевдослов в условии до стимуляции.

Методика

Эксперимент был реализован на базе Университета «Сириус» с участием студентов в возрасте от 20 до 28 лет ($M = 26.6$, всего 13 человек, 7 женщин), с нормальным слухом, без неврологических нарушений и диагностированных психиатрических заболеваний. Перед участием в исследовании все участники подписали добровольное информированное согласие, соответствующее декларации Хельсинки. Эксперимент состоял из двух сессий, разделенных ТЭС.

В первой сессии участникам было предложено последовательно прослушать записи, каждая из которых представляла собой слово или псевдослово на фоне шума (60 дБ), и затем максимально точно воспроизвести оригинальный стимул. После прохождения первой сессии участник проходил процедуру анодной ТЭС зоны Вернике током силой 1.5 мА в течение 10 минут. Далее участник проходил вторую сессию эксперимента с той же инструкцией. В каждой сессии было предъявлено 43 стимула (в первой – 32 слова и 11 псевдослов; во второй – 29 слов и 14 псевдослов). Псевдослова были включены в стимульный материал для контроля эффекта «угадывания» испытуемыми существующих слов: в инструкции подчеркивалось, что предъявленный стимул мог быть как словом, так и псевдословом, что побуждало испытуемых сосредоточиться на фонетическом облике услышанного и максимально точно воспроизвести его. Стимулы до и после ТЭС были различными, стимулы из общего списка слов были разделены на предъявляемые до и после стимуляции случайным обра-

зом. Таким образом, количество слов и псевдослов не было равным, так как в настоящем исследовании изначально не была поставлена задача сравнения распознавания слов и псевдослов. Для подсчета меры совпадения ответов участника с оригинальными стимулами использовалась дистанция Левенштейна – метрика, позволяющая посимвольно оценить разницу между стимульным словом и ответом испытуемого: к примеру, между словами «вилка» и «пилка» дистанция Левенштейна будет составлять 1, между словами «вилка» и «галка» – 2; важно подчеркнуть, однако, что в данном исследовании дистанция Левенштейна рассчитывалась именно между закодированными транскрипциями слов, а не их орфографически верным написанием. Так как выборка составила 13 человек, для проверки статистических гипотез был использован Т-критерий Вилкоксона.

Результаты

Обработка данных производилась при помощи программного обеспечения Japovi (версия 2.3.21) и языка программирования Python. Было рассчитано среднее значение дистанции Левенштейна для каждого участника по всем парам стимулов (предъявленным и воспроизведенным), отдельно для слов и псевдослов, после чего был рассчитан Т-критерий Вилкоксона для сравнения значений дистанций Левенштейна до и после стимуляции (табл. 1).

Таблица 1. Количество стимулов в каждом из трех сравнений (все стимулы, слова и псевдослова) в двух сессиях (столбцы «До стимуляции» и «После стимуляции»), значимость (p) и размер эффекта (d Коэна) для значений Т-критерия Вилкоксона

	До стимуляции	После стимуляции	Т-Вилкоксона	p	d Коэна
Все стимулы	43	43	105	.001	1
Слова	32	29	103	< .001	0.96
Псевдослова	11	14	105	< .001	1

Для наглядности представления результатов также были построены графики «ящик с усами» для каждого из трех сравнений (рис. 1, 2).

Значимые различия на уровне $p = .001$ и менее наблюдаются между средними значениями дистанции Левенштейна для всех стимулов, слов и псевдослов. Таким образом, после ТЭС испытуемые лучше различали стимулы на фоне шума по сравнению с условиями до стимуляции. Размер эффекта оказался почти одинаковым для слов и псевдослов ($d = 0.96$ и $d = 1$). Следовательно, можно говорить о том, что эффект улучшения различения, скорее всего, незначительно и незначимо более выражен для псевдослов по сравнению со словами.

Обсуждение и выводы

Таким образом, анодная ТЭС зоны Вернике приводит к уменьшению количества ошибок при распознавании слов и псевдослов на фоне шума у нормотипичных взрослых по сравнению с условиями до стимуляции.

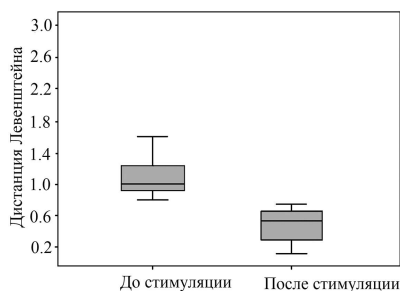


Рисунок 1. Квартили, медианные, минимальные и максимальные значения дистанции Левенштейна (отмечены на вертикальной оси) всех респондентов для всех стимулов

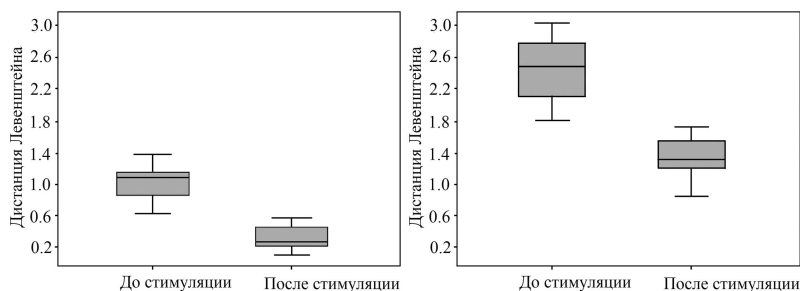


Рисунок 2. Квартили, медианные, минимальные и максимальные значения дистанции Левенштейна (отмечены на вертикальной оси) всех респондентов для а) слов и б) псевдослов до и после стимуляции

В качестве ограничений исследования можно выделить небольшой размер выборки и отсутствие контрольной группы, которая необходима для исключения эффектов научения и плацебо. В будущих исследованиях следует увеличить размер выборки и сравнить полученные результаты после применения ТЭС с группой респондентов, где аппарат ТЭС был прикреплен, но не включен.

Результаты, полученные в данном исследовании, можно объяснить тем, что анодная ТЭС (стимуляция положительным зарядом) вызывает деполяризацию нейронов и приближение значения потенциала покоя к определенному пороговому значению, при котором можно наблюдать потенциал действия («ответ» нейронов на стимуляцию). Иными словами, нейроны становятся более легковозбудимыми, чем до стимуляции. В ходе стимуляции, вероятно, были деполяризованы нейроны вторичной слуховой коры, в которой происходит фонематический анализ и синтез, включающие частотно-амплитудный анализ звука и ассоциирование звука в определенные последовательности. Стимулы, предъявленные после стимуляции на том же уровне громкости, что и до стимуляции, будут более «безошибочно» сопоставлены с хранящимися в памяти

ментальными репрезентациями простых звуков (их «образов»), так как, вероятно, происходит более тонкое дифференцирование существовавшей до стимуляции тонотопической карты в первичной слуховой коре.

Литература

Cancer A., Antonietti A. tDCS modulatory effect on reading processes: A review of studies on typical readers and individuals with dyslexia // *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2018. Vol. 12. P. 162. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2018.00162>

Ladeira A., Fregni F., Campanhã C., Valasek C.A., De Ridder D., Brunoni A.R., Boggio P.S. Polarity-dependent transcranial direct current stimulation effects on central auditory processing // *PLoS ONE*. 2011. Vol. 6. No. 9. P. e25399. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0025399>

Lewald J. Modulation of human auditory spatial scene analysis by transcranial direct current stimulation // *Neuropsychologia*. 2016. Vol. 84. P. 282 – 293. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.01.030>

Norise C., Sacchetti D., Hamilton R. Transcranial direct current stimulation in post-stroke chronic aphasia: The impact of baseline severity and task specificity in a pilot sample // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2017. Vol. 11. P. 260. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00260>

Purpura D.P., Scarff T., McMurtry J.G. Intracellular study of internuclear inhibition in ventrolateral thalamic neurons // *Journal of Neurophysiology*. 1965. Vol. 28. No. 3. P. 487 – 496. <https://doi.org/10.1152/jn.1965.28.3.487>

Rahimi V., Mohammadkhani G., Ala gband Rad J., Mousavi S.Z., Khalili M.E. Modulation of auditory temporal processing, speech in noise perception, auditory-verbal memory, and reading efficiency by anodal tDCS in children with dyslexia // *Neuropsychologia*. 2022. Vol. 177. P. 108427. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2022.108427>

Turker S., Hartwigsen G. The use of noninvasive brain stimulation techniques to improve reading difficulties in dyslexia: A systematic review // *Human Brain Mapping*. 2022. Vol. 43. No. 3. P. 1157 – 1173. <https://doi.org/10.1002/hbm.25700>

TRANSCRANIAL ELECTRICAL STIMULATION OF THE WERNICKE AREA AFFECTS THE ACCURACY OF WORD AND PSEUDOWORD RECOGNITION AGAINST A BACKGROUND OF NOISE IN HEALTHY ADULTS

V. A. Manasevich* (1), O. A. Grigoreva (2), A. A. Pavlova (3), A. I. Sulimova (4), O. E. Rumyantseva (3), D. S. Abuzova (2)
manasevich.va@talantiuspeh.ru

1 – Sirius University, Sochi;

2 – Faculty of Social Sciences, NRU HSE, Moscow;

3 – Institute of Education, NRU HSE, Moscow;

4 – RANEPa, Faculty of Psychology, Moscow

Abstract. Changing the excitability of the cerebral cortex using transcranial electrical stimulation (TES) is an increasingly popular method in the neurorehabilitation of patients with speech disorders. Most research is aimed at studying the effect of TES on reading skills or on the ability to distinguish auditory stimuli against noise in adults and children with dyslexia. However, the influence of TES on the distinction of words and pseudowords

against a background of noise in healthy adults remains unclear. The purpose of this work was to assess the accuracy of distinguishing auditory stimuli (words and pseudowords) against a background of noise before and after stimulation of the Wernicke area in healthy adults. Participants included 13 respondents aged 20 – 28 years ($M = 22.6$) without identified speech disorders. The results show that after stimulation for 10 minutes with a current of 1.5 milliamps, the number of errors significantly decreased when recognizing both words and pseudowords compared to the condition before stimulation. The results of this experiment can serve as a basis for future studies of dyslexia and other speech disorders.

Keywords: TES, Wernicke area, differentiation of audio stimuli, speech, normotypicity, dyslexia, pseudowords, signal against the background of noise

The research was implemented within the module “Modern methods of cognitive research” at NTU “Sirius”