

Д. Г. Костанян

О. В. Сысоева

Научный центр когнитивных исследований

Научно-технологический университет «Сириус»

Сочи, Россия

ВЛИЯНИЕ СЛУХОВОЙ СТИМУЛЯЦИИ НА РАЗЛИЧЕНИЕ СТИМУЛОВ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ И ПОВЕДЕНЧЕСКОМ УРОВНЯХ

Рассматривалось влияние тетанизации на физиологические и поведенческие показатели. Блоки oddball, содержащие стандартный стимул (1 000 Гц) и два девиантных стимула (1 020 и 980 Гц) предъявлялись до и после тетанизирующего блока (предъявление одного из девиантных тонов (1 020 Гц) каждые 75 мс в течение 2 минут). Компонент вызванного потенциала MMN на тетанизированный и нететанизированный тон, стал различаться после тетанизации, хоть и не различался до нее. Хотя среднее значение MMN коррелировала со способностью различать тона, улучшение различительной способности на поведенческом уровне после тетанизации не было обнаружено.

Ключевые слова: LTP, слуховые вызванные потенциалы, MMN, тетанизации, способность различать слуховые стимулы.

Daria G. Kostanyan

Olga V. Sysoeva

Scientific Center for Cognitive Research

Sirius University of Science and Technology

Sochi, Russia

THE EFFECT OF AUDITORY STIMULATION ON THE DIFFERENTIATION OF STIMULI AT THE PHYSIOLOGICAL AND BEHAVIORAL LEVELS

The effect of tetanization on physiological and behavioral processes was considered. Oddball blocks with the standard stimulus (1 000 Hz) and two deviant stimuli (1 020 and 980 Hz) were presented before and after the tetanizing block (presentation of one of the deviant tones (1 020 Hz) every 75 ms, during 2 minutes). The MMN component in response to the tetanized

and non-tetanized tone became different after tetanization, even though it did not differ before tetanization. The mean MMN value correlated with discriminability in a psychophysical task, but the behavioral improvement after tetanization was not detected.

Keywords: LTP, auditory evoked potentials, MMN, tetanizations, auditory discriminability.

Введение. Изменения в нервной системе, происходящие под воздействием внешних стимулов, являются базовой основой научения и памяти. Одной из форм такого изменения является долговременная потенциация (LTP), заключающаяся в усилении синаптической связи при воздействии повторяющийся стимуляции [3]. Пластичность синаптических связей может быть важной основой изменения сенсорных процессов, а именно повышения чувствительности и различительной способности. Одним из способов неинвазивной оценки нейрофизиологических изменений могут служить сенсорные вызванные потенциалы. Так, некоторые их компоненты (например, MMN, отражающий реакцию на отличающийся стимул [6]) имеют свойство изменяться под воздействием сенсорной стимуляции [2, 4, 5]. Однако не всех работах удавалось воспроизвести увеличение MMN после тетанизации [1]. Задачей нашего исследования было оценить, как последствия слуховой LTP-подобная отражаются на уровне компонентов вызванных потенциалов (в частности MMN) и на способности различать слуховые стимулы на поведенческом уровне.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 27 здоровых участников (11 мужчин, средний возраст $23,3 \pm 5,6$ лет). В качестве стимулов использовались тоны трех частот: 1 020 Гц, 1 000 Гц и 980 Гц. (Длительность 50 мс, громкость — 75 дБ, интервал между стимулами — 400 мс.) Стимулы предъявлялись в соответствии с oddball-парадигмой. Стандартные тоны 1 000 Гц перемежались двумя девиантами 1 020 Гц и 980 Гц, предъявляемыми с вероятностью 10 или 5 % каждый. Всего предъявлялось два oddball-блока (до и после тетанизации). LTP-подобная стимуляция (тетанизация) длилась 2 минуты и состояла из тона 1 020 Гц, подаваемого каждые

75 мс. Во время предъявления звуков участники смотрели видео с выключенным звуком.

Также в исследовании было два психофизических блока (до и после тетанизации), ставящих задачу обнаружить различия между двумя тонами в предъявляемой паре (два стандартных 1 000 Гц, стандартный 1 000 Гц и девиантный 980 Гц, или стандартный 1 000 Гц и девиантный 1 020 Гц). Каждая из возможных пар предъявлялась пять раз. В качестве меры способности к различению сигналов использовался критерий *argime*.

Запись ЭЭГ проводилась с использованием 128-каналов с помощью установки actiCHamp Plus (Brain Products GmbH). Обработка ЭЭГ проводилась в программе MNE Python. Данные были сегментированы на эпохи от 100 мс до начала стимула и 450 мс после него. Эпохи усреднялись отдельно по каждому типу стимула.

Амплитуда MMN оценивалась по разностной волне, рассчитанной путем вычитания вызванных потенциалов на стандартные тоны (1 000 Гц) из потенциалов на девиантные тоны (980 Гц или 1 020 Гц). Амплитуды MMN рассчитывались по получившимся разностным волнам как среднее значение в интервале 100–250 мс после предъявления стимула.

Для оценки различий компонента MMN в зависимости от типа стимула (тетанизированный 1 020 Гц или нететанизированный 980 Гц) и условия (до и после тетанизации) использовался дисперсионный анализ с повторными измерениями (ANOVA). Для изучения взаимосвязи между нейрофизиологическими и поведенческими показателями рассматривалась корреляция Пирсона.

Результаты. Для амплитуды MMN во фронтальных отведениях было выявлено значимое взаимодействие факторов тетанизации и типа стимула ($F(1,24) = 5,127$; $p = 0,033$). Последующий Post-hoc анализ показал, что MMN в ответ на тетанизированный тон (1 020 Гц) не отличались от MMN на нететанизированный тон (980 Гц) до тетанизации ($p = 0,161$), но значительно возрос после тетанизации ($p = 0,035$). Результаты психофизических блоков показали, что в целом участники были способны различать предъявляемые тона (*argime* > 0,5). При сопоставлении физиологических и психофизических данных не было видно изменений в способности

к дискриминации после тетанизации. Однако значимая корреляция была обнаружена при рассмотрении среднего значения ММН и среднего значения *aritime*. Таким образом, влияние тетанизации на поведенческие показатели очень слабое.

Заключение. Были показаны нейрофизиологические изменения, вызванные кратковременной слуховой тетанизацией, которые предположительно связаны с долговременной потенциацией (LTP). Быстрая слуховая стимуляция не только увеличивает компонент ММН, делая его больше для тетанизованного (1 020 Гц), чем нететанизованного (980 Гц) звука, но и ослабляет ММН в ответ на нететанизованный звук соседней частоты (980 Гц). Однако на поведенческом уровне значительного изменения в способности различать после тетанизации обнаружено не было.

Библиографические ссылки

1. Влияние слуховой LTP-подобной стимуляции на обработку звуковых стимулов / А. Б. Ребрейкина и др. // Сенсорные системы. 2021. № 2 (35). С. 144–152.
2. Induction of LTP in the human auditory cortex by sensory stimulation / W. C. Clapp et al. // European Journal of Neuroscience. 2005. № 5 (22). P. 1135–1140.
3. Rapid visual stimulation induces N-methyl-D-aspartate receptor-dependent sensory long-term potentiation in the rat cortex / W. C. Clapp et al. // NeuroReport. 2006. № 5 (17). P. 511–515.
4. *Kompus K.* Westerhausen Increased MMN amplitude following passive perceptual learning with LTP-like rapid stimulation // Neuroscience Letters. 2018. (666). P. 28–31.
5. A method to induce human cortical long-term potentiation by acoustic stimulation / G. Lei et al. // Acta Oto-Laryngologica. 2017. № 10 (137). P. 1069–1076.
6. Development of a memory trace for a complex sound in the human brain / R. Näätänen et al. // NeuroReport. 1993. № 5 (4). P. 503–506.

Т. А. Кустова

*Научный центр когнитивных исследований
Научно-технологический университет «Сириус»
Сочи, Россия*

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЕЖЛИЧНОСТНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ В ДИАДАХ «НАСТАВНИК — НАСТАВЛЯЕМЫЙ»

Исследование направлено на оценку психофизиологических показателей межличностной синхронизации методом одновременной регистрации электроэнцефалограммы (ЭЭГ) диады наставника и наставляемого во время различных условий взаимодействия. Предварительный анализ демонстрирует значимо более высокие ЭЭГ показатели синхронизации в условии состоянии покоя, чем в интеракционных (при доминировании уровня синхронизации в свободном общении) и отсутствие различий между показателями синхронизации до и после взаимодействия.

Ключевые слова: межличностная синхронизация, психофизиологическая синхронизация, ЭЭГ, наставничество, диадное взаимодействие, социальная нейронаука.

Tatiana A. Kustova

*Center for Cognitive Sciences
Sirius University
Sochi, Russia*

PSYCHOPHYSIOLOGICAL INDEXES OF INTERPERSONAL SYNCHRONY IN MENTOR-MENTEE DYADS

The current study focuses on mentor-mentee dyads interpersonal psychophysiological synchrony assessment by simultaneous electroencephalogram (EEG) while various interaction settings. Preliminary analysis showed significantly higher psychophysiological synchrony in resting state EEG than in interactional settings (with dominance of synchrony in free