

DOI: <https://doi.org/10.17816/gc623383>

Временная динамика эффекта зеркальных нейронов и его модуляция при стимуляции: ТМС-исследование

К. Ньето-Доваль*, А.А. Рагимова, М. Феурра

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Изучение зеркальных нейронов (ЗН) прошло долгий путь с тех пор, как начались исследования на людях. Однако относительно использования транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС) в литературе имеются несоответствия в отношении того, как предъявляется стимул, как долго предъявляется стимул и время прохождения импульсов ТМС.

Мы изучили различные типы предъявления стимулов (картинки и видеозаписи движений рук). С этой целью мы применили одноимпульсную ТМС к доминирующей первичной моторной коре головного мозга (М1) в разные периоды времени (0, 320, 640 мс). Моторные вызванные потенциалы (МВП) регистрировали с помощью адгезивных электродов в мышцах FDI (указательный палец) и ADM (мизинец) у 29 здоровых испытуемых. Руки испытуемых располагались под прямым углом, и визуальные стимулы наблюдались в трёх различных условиях предъявления. На протяжении всего эксперимента использовалась роботизированная рука Axiom Cabot и система навигационной стимуляции, обеспечивающие точное перемещение катушки ТМС в соответствии с условиями эксперимента.

Цель исследования. Выяснение деталей предъявления стимула и временных рамок стимуляции для создания оптимальных настроек. Здесь мы описываем два наиболее распространённых способа представления стимула (изображение и видео) [1–4] и наиболее часто используемые временные рамки для ТМС от инициации движения (состояние изображения и видео) до смещения (состояние после видео) с различным временем (0, 320, 640 мс) [1, 2, 5], что является новым подходом к стимуляции по окончании стимула. Мы выполнили три отдельных трёхсторонних повторных измерения ANOVA с использованием трёх независимых факторов. Собранные в настоящее время данные показывают, что два состояния стимуляции с момента начала движения (фотография и видео) демонстрируют изменения с течением времени, при этом МВП увеличивается на 320 мс для связанных мышц, и ингибирующие эффекты для несвязанных мышц на 640 мс. При стимуляции после окончания движения (пост-видео) эта двойная диссоциация присутствует во все периоды стимуляции, так как большая часть зеркальной реакции обусловлена торможением несвязанных мышц. Это демонстрирует временную динамику зеркального эффекта и его воздействие на связанные и несвязанные мышцы с течением времени.

Полученные данные проливают свет на открытые вопросы исследования зеркальных нейронов у людей и предоставляют информацию о влиянии различных предъявлений стимулов и времени стимуляции с помощью ТМС. Эта информация позволяет создать оптимальный протокол для изучения системы зеркальных нейронов человека, основанный на конкретных исследовательских потребностях. Эти результаты также могут быть использованы в клинических целях для разработки более эффективных протоколов реабилитации пациентов с двигательными расстройствами.

Ключевые слова: система зеркальных нейронов; транскраниальная магнитная стимуляция; первичная моторная кора; моторные вызванные потенциалы.

Как цитировать:

Ньето-Доваль К., Рагимова А.А., Феурра М. Временная динамика эффекта зеркальных нейронов и его модуляция при стимуляции: ТМС-исследование // Гены и клетки. 2023. Т. 18, № 4. С. 629–632. DOI: <https://doi.org/10.17816/gc623383>

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Исследование проводилось с использованием автоматизированной системы неинвазивной стимуляции мозга НИУ ВШЭ с возможностью синхронной регистрации мозговой активности и регистрации движений глаз при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, грант № 075-15-2021-673.

Рукопись получена: 15.05.2023

Рукопись одобрена: 26.11.2023

Опубликована online: 20.01.2024

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Barchiesi G., Cattaneo L. Early and late motor responses to action observation // *Social cognitive and affective neuroscience*. 2013. Vol. 8, N 6. P. 711–719. doi: 10.1093/scan/nss049
2. Catmur C., Walsh V., Heyes C. Sensorimotor Learning Configures the Human Mirror System // *Current Biology*. 2007. Vol. 17, N 17. P. 1527–1531. doi: 10.1016/j.cub.2007.08.006
3. Errante A., Fogassi L. Activation of cerebellum and basal ganglia during the observation and execution of manipulative actions // *Scientific reports*. 2020. Vol. 10, N 1. P. 12008. doi: 10.1038/s41598-020-68928-w
4. Taschereau-Dumouchel V., Héту S., Michon P.E., et al. BDNF Val66Met polymorphism influences visuomotor associative learning and the sensitivity to action observation // *Scientific reports*. 2016. Vol. 6. P. 34907. doi: 10.1038/srep34907
5. Catmur C., Walsh V., Heyes C. Associative sequence learning: the role of experience in the development of imitation and the mirror system // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2009. Vol. 364, N 1528. P. 2369–2380. doi: 10.1098/rstb.2009.0048

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

* К. Ньето-Доваль; адрес: Российская Федерация, 101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 20; e-mail: carlosnietodoval@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.17816/gc623383>

Temporal dynamics of the mirror neurons effect and its stimuli dependent modulation: TMS study

C. Nieto Doval*, A. Ragimova, M. Feurra

¹ National Research University "Higher School of economics", Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

The study of mirror neurons (MN) has made significant progress since human studies commenced. However, when using transcranial magnetic stimulation (TMS), there are inconsistencies in the literature regarding stimulus presentation, duration of presentation, and timing of TMS pulses.

The study assessed the effects of stimuli presentations, using both pictures and videos of hand movements. To accomplish this, single-pulse TMS was applied to the dominant primary motor cortex (M1) during varying time frames (0, 320, 640 ms). Motor evoked potentials were then recorded from the FDI (index finger) and ADM (little finger) muscles of 29 healthy participants via adhesive electrodes. Subjects' hands were positioned perpendicular to each other, and visual stimuli were presented under three varying conditions. The TMS coil was accurately repositioned using an Axilum Cobot robotic arm and navigation stimulation system to maintain consistency throughout the experiment.

The aim of this study is to provide a comprehensive analysis of stimulus presentation and stimulation timeframes to achieve optimal settings. This paper describes the two most commonly used stimulus modalities, namely, picture and video [1–4], and the frequently employed timeframes for TMS: from movement initiation (picture and video condition) to offset (post-video condition), with different timings (0, 320, and 640 ms) [1, 2, 5]. Notably, the stimulation at the offset of the movement is a novel concept in literature. We conducted three distinct three-way repeated measures ANOVAs employing independent variables. The collected data indicate that the two types of stimulation during the onset of movement, i.e., photograph and video, display varying changes over time. At 320 ms, MEPs increase for the related muscles while nonrelated muscles exhibit inhibitory effects at 640 ms. In the condition of stimulation during movement offset (post-video), this double dissociation is present across all stimulation time frames. Hence, the majority of mirror response can be attributed to inhibition of nonrelated muscles. This study displays the temporal progression of the mirror effect and its impact on both related and unrelated muscles throughout time.

The obtained data illuminates unresolved inquiries in human mirror neuron research and details the impacts of diverse stimuli presentations and TMS stimulation durations. With this information, an ideal protocol can be established to examine the human mirror neuron system tailored to specific research needs. Furthermore, these outcomes can foster the creation of enhanced rehabilitation protocols for patients with movement disorders in clinical settings.

Keywords: mirror neurons system; transcranial magnetic stimulation; primary motor cortex; motor evoked potentials.

To cite this article:

Nieto Doval C, Ragimova A, Feurra M. Temporal dynamics of the mirror neurons effect and its stimuli dependent modulation: TMS study. *Genes & Cells*. 2023;18(4):629–632. DOI: <https://doi.org/10.17816/gc623383>

ADDITIONAL INFORMATION

Funding sources. The research was conducted using the HSE automated system of non-invasive brain stimulation with the possibility of synchronous registration of brain activity and registration of eye movements, with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, grant No. 075-15-2021-673.

REFERENCES

1. Barchiesi G, Cattaneo L. Early and late motor responses to action observation. *Social cognitive and affective neuroscience*. 2013;8(6):711–719. doi: 10.1093/scan/nss049
2. Catmur C, Walsh V, Heyes C. Sensorimotor Learning Configures the Human Mirror System. *Current Biology*. 2007;17(17):1527–1531. doi: 10.1016/j.cub.2007.08.006
3. Errante A, Fogassi L. Activation of cerebellum and basal ganglia during the observation and execution of manipulative actions. *Scientific reports*. 2020;10(1):12008. doi: 10.1038/s41598-020-68928-w

Received: 15.05.2023

Accepted: 26.11.2023

Published online: 20.01.2024

4. Taschereau-Dumouchel V, Héту S, Michon PE, et al. BDNF Val66Met polymorphism influences visuomotor associative learning and the sensitivity to action observation. *Scientific reports*. 2016;6:34907. doi: 10.1038/srep34907
5. Catmur C, Walsh V, Heyes C. Associative sequence learning: the role of experience in the development of imitation and the mirror system. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2009;364(1528):2369–2380. doi: 10.1098/rstb.2009.0048

AUTHORS' CONTACT INFO

* C. Nieto Doval; address: 20 Myasnitskaya street, 101000 Moscow, Russian Federation; e-mail: carlosnietodoval@gmail.com