

# Картирование моторного представительства *m. abductor pollicis brevis* у здоровых добровольцев с применением навигационной транскраниальной магнитной стимуляции NBS eXimia Nexstim

А.В. Червяков, М.А. Пирадов, М.А. Назарова, Н.Г. Савицкая, Л.А. Черникова, Р.Н. Коновалов

ФГБУ «Научный центр неврологии» РАМН (Москва)

*Транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС) – метод, основанный на стимуляции нейронов головного мозга переменным магнитным полем и регистрации ответов на стимуляцию с помощью электромиографии. В последние годы на основе ТМС появились технологии, позволяющие неинвазивно картировать представительства моторных зон. Одной из таких систем является система навигационной транскраниальной магнитной стимуляции NBS eXimia Nexstim. В статье освещен опыт картирования моторного представительства *m. abductor pollicis brevis* у 29 здоровых добровольцев. Определены средние значения основных параметров ТМС: амплитуда вызванного моторного ответа (ВМО) ( $408,49 \pm 216,36$  мкВ), латентность ( $22,38 \pm 0,97$  мс), пассивный порог вызывания ответа (с левого полушария –  $40,08 \pm 4,68\%$ , с правого –  $48,71 \pm 9,16\%$ ). Составлены карты моторных зон.*

**Ключевые слова:** навигационная транскраниальная магнитная стимуляция, *m. abductor pollicis brevis*, моторное представительство

В настоящее время рутинная ТМС рассматривается в качестве инструмента не только для изучения состояния кортико-спинального тракта (оценка его созревания и функционального состояния при различных патологических состояниях), возбудимости корковых нейронов, локализации функций (моторных, сенсорных, речевых и др.), но и для исследования патофизиологических механизмов психоневрологических расстройств, взаимодействия различных участков мозга [1, 8, 11]. ТМС в первую очередь применяется при стимуляции коры большого мозга и спинного мозга, а также при использовании специальных койлов для глубокой стимуляции мозга (гиппокампа, миндалин, стриатума, таламуса, ствола мозга, мозжечка) [3].

Одним из перспективнейших направлений в применении ТМС является картирование различных корковых представительств, что чрезвычайно важно для понимания функциональной организации мозга человека и механизмов управления им, а также для разработки новых подходов к реабилитации. Предъявление фокального магнитного импульса позволяет с достаточной точностью определить границы локализации разных мозговых функций, включая корковое представительство скелетных мышц, речевых центров, зрительного анализатора, а также различных видов памяти, когнитивных функций и др. Адекватность ТМС-картирования подтверждена данными параллельного исследования методами функциональной МРТ [6, 7].

Основной проблемой при картировании моторных зон методом классической ТМС является невозможность точ-

ного соотношения точки стимуляции с анатомическими образованиями ЦНС. Размер, форма головы и головного мозга, локализация анатомических структур, расстояние между стимулирующим койлом и нейронами чрезвычайно индивидуальны для каждого пациента. Анатомические измерения мозга *in vivo* показывают, что вариации расположения зоны Брока могут достигать до 1,5 см по системе координат Talairach [4]. Эти данные свидетельствуют, что индивидуальная макроанатомия головного мозга не может быть адекватно определена с использованием только пропорциональных координатных сеток и других ориентиров [2]. Выявление индивидуального расположения борозд и извилин становится еще более необходимым в условиях патологии (опухоли, последствия НМК), когда анатомия претерпевает значительные изменения.

При использовании рутинной ТМС практически невозможно повторить оптимальную локализацию стимулирующего койла при вызывании моторного ответа, что приводит к невозможности объективной интерпретации получаемых параметров. Большинство из этих проблем в значительной степени может решить использование приборов нового поколения – систем навигационной стимуляции мозга, учитывающих его индивидуальную анатомию и позволяющих наносить стимул целенаправленно и локально, с опорой на МРТ конкретного пациента. Одной из таких систем является навигационная транскраниальная магнитная стимуляция мозга (нТМС) NBS eXimia Nexstim.

**Целью** данного сообщения является освещение опыта применения системы навигационной транскраниальной маг-

нитной стимуляции NBS eXimia Nexstim при картировании моторного представительства m. abductor pollicis brevis у здоровых добровольцев.

**Материалы и методы.** Обследовано 29 здоровых добровольцев (средний возраст –  $24,85 \pm 3,88$ ; 56% мужчин и 44% женщин; 97% правшей). Всем испытуемым проводилась нТМС на системе NBS eXimia Nexstim. В состав системы входит: классический транскраниальный магнитный стимулятор; электромиограф для регистрации вызванных моторных ответов на магнитный стимул; навигационная система для локализации магнитного поля на МРТ пациента. Дополнительно возможно включение в обследование 60-канального электроэнцефалографа для регистрации вызванных потенциалов в ответ на магнитный стимул.

**Процедура проведения нТМС проходит по следующему алгоритму:**

1. Проведение пациенту МРТ в режиме T1 MPR (Multiplanar reconstruction).
2. Загрузка данных МРТ в систему NBS eXimia Nexstim; построение индивидуальной трехмерной модели головного мозга обследуемого.
3. Соотнесение реальных анатомических образований (переносица, козелки ушей) с данными образованиями на МРТ.
4. Наложение ЭМГ электродов на интересующую мышцу (m. abductor pollicis brevis), согласно атласу Jay A. Liveson, 1992. Заземляющий электрод располагался на правой ключице.
5. Нахождение на МРТ потенциальной анатомической области, в которой локализуется представительство интересующей мышцы; в нашем случае m. abductor pollicis brevis – прецентральная извилина, зона 4 по Бродману.
6. Проведение предварительной магнитной стимуляции зоны интереса с выявлением ВМО с амплитудой 100–500 мкВ и напряженностью магнитного поля в точке стимуляции 80–110 В/м.
7. Определение точки с максимальной амплитудой ВМО.
8. Определение пассивного моторного порога в точке с максимальной амплитудой ВМО с использованием специального режима NBS eXimia Nexstim «Повтор стимула». Данный режим позволяет с точностью до 2 мм нанести стимул в выбранную точку. Моторным порогом называли минимальную интенсивность магнитной стимуляции (в %), при которой более чем в половине повторных стимулов регистрировался ВМО с амплитудой более 50 мкВ.
9. Картирование моторного представительства мышцы (m. abductor pollicis brevis) на интенсивности 110% от выбранного моторного порога.

**Параметры, анализируемые при картировании.** В рамках данной работы будут отражены средние, максимальные и минимальные значения амплитуд и латентностей ВМО, пороги вызывания моторных ответов, локализация карт моторных представительства.

**Технические характеристики магнитного стимулятора.** Стимуляция производилась 8-образной двухимпульсной катушкой ViPulse Nexstim. Длительность магнитного импульса – 280 мкс, максимальная напряженность магнитного поля – 199 В/м.

таблица 1: Амплитуды вызванных моторных ответов, регистрация с m. abductor pollicis brevis.

	Среднее значение (Mean±St.Dev) [мкВ]	Среднее максимальное значение (Mean±St.Dev) [мкВ]	Среднее минимальное значение (Mean±St.Dev) [мкВ]
Правая рука	428,53±158,50	1655,92±337,35	84,99±85,52
Левая рука	394,17±254,75	1623,69±294,94	37,11±23,91
Среднее	408,49±216,36	1637,03±218,29	56,92±61,45

таблица 2: Латентности, регистрация с m. abductor pollicis brevis.

	Среднее значение (Mean±St.Dev) [мс]	Среднее максимальное значение (Mean±St.Dev) [мс]	Среднее минимальное значение (Mean±St.Dev) [мс]
Правая рука	22,68±0,50	24,28±3,40	21,57±2,62
Левая рука	22,17±1,17	24,112±2,18	20,37±2,70
Среднее	22,38±0,97	24,19±2,70	20,87±2,70

**Результаты.** В табл. 1 приведены значения амплитуды ВМО, а в табл. 2 – латентностей с мышцы m. abductor pollicis brevis.

Как видно из таблиц, у здоровых испытуемых не было найдено достоверных отличий ( $p > 0,05$ ; критерия Mann–Whitney) при стимуляции правого и левого полушарий. В связи с этим, на наш взгляд, правомочно использовать усредненные значения амплитуды ВМО и латентностей в качестве референтных, без разделения по полушариям.

При регистрации пассивного порога моторного ответа – величины, отражающей возбудимость корковых нейронов, – выявлены достоверные полушарные отличия (рис. 1). Порог моторного ответа был достоверно ниже в левом полушарии ( $40,08 \pm 4,68\%$ ) по сравнению с правым ( $48,71 \pm 9,16$ ), что, по-видимому, связано с преобладанием правшей в нашей выборке (ANOVA,  $F=8,91$ ;  $p=0,005$ ). Полученные нами данные согласуются с результатами, которые показала классическая ТМС [1].

В результате нТМС для каждого испытуемого были построены индивидуальные карты моторного представительства.

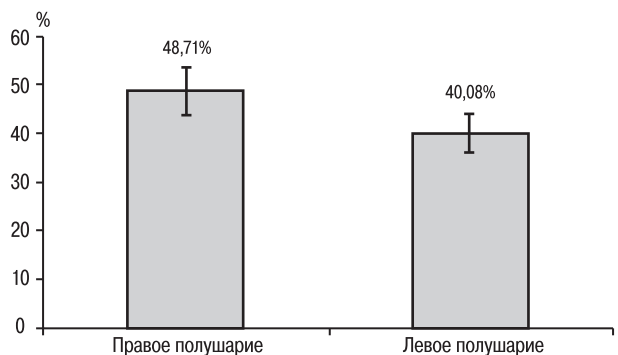


рис. 1: Пассивный порог вызывания моторного ответа m. abductor pollicis brevis.

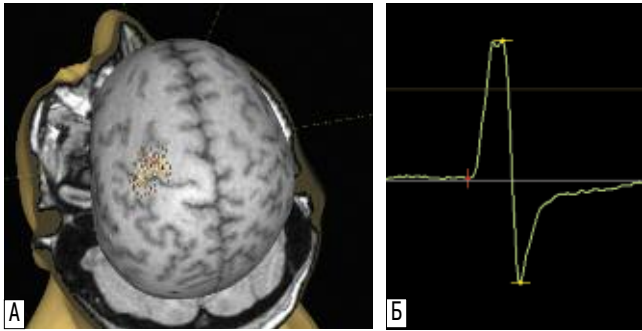


рис. 2: Локализация моторного представительства мышц руки (А) и вызванный моторный ответ в одной из точек (Б) у здорового добровольца, 24 года (активный электрод на *m. abductor pollicis brevis*). Амплитуда ВМО – 439 мкВ, латентность – 21,4 мс, порог ВМО – 42%.

тельства *m. abductor pollicis brevis* (рис. 2). На картах отражены точки, в которых при магнитной стимуляции вызывался ВМО. Данные зоны локализовались в области прецентральной извилины и в премоторной зоне (поля 4 и 6 по Бродману).

Площадь моторного представительства в нашем исследовании превышала данные, полученные ранее другими авторами [5]. Известно, что 70% кортикоспинальных путей выходят из дополнительных двигательных зон (SMA), премоторных зон (PMC) и первичных соматосенсорных зон (S1) и только 30% – из первичной моторной коры (M1) [9], а дополнительные моторные зоны (поля 6 и 8 по Бродману) имеют собственные проекции на  $\alpha$ -мотонейронах спинного мозга [10]. Опираясь на эти работы, можно предполагать наличие больших зон при нТМС, выходящих за границы первичной моторной коры.

**Заключение.** В результате работы проведена стандартизация и отработка методики нТМС на здоровых испытуемых. Определены референтные значения основных параметров ВМО, которые в дальнейшем будут применяться при диагностике различных патологических состояний с использованием нТМС. В рамках данного исследования умышленно не проводился анализ времени центрального моторного проведения (ВЦМП) с целью акцентирования внимания именно на картировании моторного представительства. Целесообразным видится разработка методики вычисления площади получаемых моторных карт, что позволит стандартизировать и более точно сопоставлять получаемые данные.

## Список литературы

1. Никитин С.С., Куренков А.Л. Магнитная стимуляция в диагностике и лечении болезней нервной системы. Руководство для врачей. М: САШКО, 2003.
2. Cykowski M.D., Coulon O., Kochunov P.V. et al. The central sulcus: an observer-independent characterization of sulcal landmarks and depth asymmetry. *Cereb Cortex* 2008; 18: 1999–2009.
3. Huerta T.P., Volpe T.B. Transcranial magnetic stimulation, synaptic plasticity and network oscillations *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2009, 6: 7.
4. Keller S.S., Highley J.R., Garcia-Finana M. et al. Sulcal variability, stereological measurement and asymmetry of Broca's area on MR images. *J Anat* 2007; 211: 534–555.
5. Kičić D. Probing cortical excitability with transcranial magnetic stimulation. Dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology to be presented with due permission of the Faculty of Information and Natural Sciences, Helsinki University of Technology, 2009.
6. Lotze M., Kaethner R.J., Erb M. et al. Comparison of representational maps using functional magnetic resonance imaging and transcranial magnetic stimulation. *Clin. Neurophysiol.* 2003; 114: 306–312.
7. Neuvonen T., Niskanen E., Hannula H. et al. Functional MRI agrees with navigated transcranial magnetic stimulation in primary motor cortex localization. In: *Congress of Neurological Surgeons*. 2009. New Orleans, 24–9.
8. Pascual-Leone A., Davey N., Rothwell J. et al. *Handbook of Transcranial Magnetic Stimulation* London: Hodder Arnold; 2002.
9. Siegel A., Sapru H.N. *Essential neuroscience*. Lippincott; 2008.
10. Teitti S., Maatta S., Saisanen L. et al. Non-primary motor areas in the human frontal lobe are connected directly to hand muscles. *Neuroimage* 2008; 40: 1243–1250.
11. Wagner T., Valero-Cabre A., Pascual-Leone A. Noninvasive human brain stimulation. *Annu Rev Biomed Eng* 2007, 9: 527–565.

## Cortical mapping of m. abductor pollicis brevis motor area in healthy volunteers using navigation transcranial magnetic stimulation

A.V. Chervyakov, M.A. Piradov, M.A. Nazarova, N.G. Savitskaya, L.A. Chernikova, R.N. Konovalov

*Research Center of Neurology, Russian Academy of Medical Sciences (Moscow)*

**Key words:** navigation transcranial magnetic stimulation, m. abductor pollicis brevis, motor area

Transcranial magnetic stimulation (TMS) is method of brain neurons stimulation by alternating magnetic field and measuring motor-evoked potentials (MEPs) with electromyography monitoring. Recently, some new technologies were introduced, based on classical TMS, which allowed noninvasive brain mapping of cortical motor areas. Navigation transcranial magnetic stimulation (nTMS, NBS eXimia Nexstim) is one of them. In this arti-

cle we describe our experience of m. abductor pollicis brevis motor area mapping in 29 healthy volunteers. Basic parameters of TMS were measured: MEP amplitude ( $408.49 \pm 216.36$  uV), latency ( $22.38 \pm 0.97$  ms), passive motor threshold ( $40.08 \pm 4.68\%$  for the left hemisphere,  $48.71 \pm 9.16\%$  for the right hemisphere). Maps of cortical areas were builded.

**Контактный адрес:** Червяков Александр Владимирович – мл. науч. сотр. отд. нейрореабилитации и физиотерапии ФГБУ «НЦН» РАМН. 125367, Москва, Волоколамское ш., д. 80. Тел.: +7 (916) 183-10-88; e-mail: tchervyakovav@gmail.com;

Пирадов М.А. – зам. директора по научной работе, зав. отд. реанимации и интенсивной терапии ФГБУ «НЦН» РАМН;

Назарова М.А. – мл. науч. сотр. отд. нейрореабилитации и физиотерапии ФГБУ «НЦН» РАМН;

Савицкая Н.Г. – ст. науч. сотр. лаб. клинической нейрофизиологии ФГБУ «НЦН» РАМН;

Черникова Л.А. – гл. науч. сотр. отд. нейрореабилитации и физиотерапии ФГБУ «НЦН» РАМН;

Коновалов Р.Н. – ст. науч. сотр. отд. лучевой диагностики ФГБУ «НЦН» РАМН.