

# **Возможности транскраниальной магнитной стимуляции в диагностике хронических болевых синдромов**

Сирицына Ю.Ч., Сиваков А.П.

УО «Гродненский государственный медицинский университет»,  
г. Гродно, Республика Беларусь

УО «Белорусский государственный медицинский университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

Транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС) является одним из перспективных и активно развивающихся направлений в неврологии и клинической нейрофизиологии.

В клинической практике ТМС впервые была применена в Университете Шеффилда (Великобритания) А. Barker и et.al. в 1985 году, когда был создан первый серийный магнитный стимулятор, способный активизировать нейроны коры головного мозга человека через кости черепа. Тогда же с помощью поверхностной электронейромиографии (ЭНМГ) был зарегистрирован вызванный моторный ответ (ВМО) с мелких мышц кисти при расположении соленоида над моторной областью контралатерального полушария.

ТМС основана на взаимосвязи между электрическими и магнитными полями и явлении электромагнитной индукции, открытом в 1831 г. английским физиком М. Фарадеем. Над определенным участком головного мозга устанавливается электромагнитная катушка, в которой после короткого разряда мощного магнитного стимулятора (конденсатора) возникает ток силой несколько тысяч ампер. Этот ток генерирует магнитное поле, перпендикулярное направлению тока в катушке, интенсивность которого достигает 1,5–2 Тесла (Т), а длительность – 100 мс. Магнитное поле беспрепятственно проникает внутрь черепа на глубину до 1,5–3 см и индуцирует в тканях головного мозга электрическое поле (параллельное, но противоположно направленное по отношению к току в электромагнитной катушке) [1].

Начиная с 90-х гг. XX века интерес к ТМС возрастает, т.к. данный неинвазивный метод обладает широкими диагностическими и терапевтическими возможностями, что позволяет использовать его благодаря хорошей переносимости, относительной методической простоте, а также безболезненности,

которая обусловлена непосредственной генерацией электрического импульса магнитным полем в точке воздействия, в отличие от электрической стимуляции, при которой импульс проходит через черепную коробку, обладающую высоким сопротивлением, в связи с чем необходимо использование мощного электрического стимула, вызывающего болевые ощущения [2].

В 1996 г. Национальный Институт Здоровья США (National Institute of Health, NIH) впервые разработал клинические рекомендации по применению ТМС [3], которые были адаптированы в 1999 г. Международной Федерацией Клинической Нейрофизиологии [4]. В 2008 г. рекомендации NIH были обновлены и в настоящее время являются наиболее полным руководством по безопасности и клиническим аспектам применения ТМС [5].

Данный неинвазивный метод в настоящее время широко применяется для лечения широкого круга заболеваний в различных областях медицины: депрессии, посттравматического стрессового расстройства, шизофрении, обсессивно-компульсивного расстройства, тревожных расстройств, последствия острого нарушения мозгового кровообращения, болевого синдрома, мигрени, болезнь Паркинсона, тиннитуса, синдрома Туретта, бокового амиотрофического склероза, рассеянного склероза, эпилепсии, болезнь Альцгеймера, расстройства аутистического спектра, ДЦП, синдрома дефицита внимания и гиперактивности, задержки развития, в том числе речевого и др. [6].

В связи с новизной ТМС, слабой осведомленностью практических врачей о диагностических возможностях метода его применение в клинической практике остается разрозненным и слабоизученным.

Метод диагностической транскраниальной магнитной стимуляции (дТМС) позволяет оценивать не только функцию моторной коры, но и состояние ЦНС в целом на супrasegmentарном и segmentарном уровнях, включая ее высшие отделы, участвующие в анализе ноцицептивной афферентации. дТМС может применяться для исследования патогенеза поражения центральной и периферической нервной системы.

Возможность многоуровневой ориентации магнитного индуктора (над скальпом, в проекции выхода корешков шейных спинномозговых и пояснично-крестцовых нервов, а также в проекции нервных сплетений и нервных стволов) с одновременной электрофизиологической регистрацией ВМО в изучаемой мышце-мишени дает возможность проводить дифференцированную оценку моторной проводимости центральных и периферических отделов нервного пути на различных его участках: в области супраспинального проведения импульса, в шейном отделе спинного мозга на уровне верхне- или нижнешейных сегментов, в грудном и пояснично-крестцовом отделах спинного мозга. Указанные возможности обеспечивают эффективное применение методики в клинической электрофизиологии для объективизации симптоматики двигательных нарушений, оценки топики и степени поражения спинного мозга и его корешков при травматическом или дегенеративно-дистрофическом поражении позвоночника [7].

ТМС является нейрофизиологическим методом исследования, основанным на принципе электромагнитной индукции и заключающимся в стимуляции церебральных нейронов и последующей регистрации вызванных ответов при помощи ЭНМГ. Индуцированный при ТМС электрический импульс, распространяясь по нервным путям, возбуждает мотонейроны церебральной коры, т.е. обратимо деполяризует клеточные мембраны больших пирамидальных клеток Беца в пятом слое прецентральной извилины коры больших полушарий и спускается к мотонейронам спинного мозга с дальнейшим проведением возбуждения по периферическим нервам к мышце, вызывая мышечное сокращение. На монитор компьютера, подсоединенного к электромиографу, выводятся данные основного исследуемого параметра – вызванного моторного ответа (ВМО).

Для генерации переменного магнитного поля наиболее часто применяются транскраниальные магнитные стимуляторы, оснащенные стимулирующими индукторами-койлами «восьмерками» в виде сдвоенного индуктора для большей точности воздействия на определенный участок ткани при меньшей мощности производимой стимуляции

Абсолютным противопоказанием к проведению ТМС является наличие у пациента любых устройств в непосредственной близости от стимулятора, управляющих физиологическими функциями организма (имплантированный водитель ритма сердца, слуховой аппарат, имплантированные электроды и инсулиновая помпа), наличие в анамнезе эпилепсии, сосудистых, травматических, опухолевых либо инфекционных поражений головного мозга, депривация сна, алкоголизм, прием ряда лекарственных препаратов, беременность. Использование одноимпульсного воздействия при проведении дТМС не создает значимого риска нежелательных явлений [8].

Среди наиболее часто наблюдаемых побочных явлений при ТМС в 20–40% случаев наблюдаются умеренная головная боль, боль в шее, синкопальные состояния и преходящие изменения слуха. Реже отмечаются дискомфорт в месте стимуляции, сонливость, преходящие изменения настроения и когнитивных функций. Частота возникновения указанных явлений зависит как от параметров ТМС, так и от индивидуальных особенностей исследуемого (в том числе наличия различных заболеваний и приема лекарственных средств.

Параметры ВМО при ТМС изменяются при широком спектре нозологических форм, сопровождающихся болевыми синдромами. У пациентов с мигренью при ТМС порог ВМО, отражающий возбудимость церебральных нейронов моторной коры, может быть повышен и снижен. В частности, обнаружено, что сразу после цефалгического приступа порог ВМО достоверно повышается, в дальнейшем постепенно снижается, достигая наименьших значений перед следующим мигренозным приступом. Повышение амплитуды ВМО зарегистрировано у пациентов с миофасциальным синдромом, с выраженным остеоартритом и хронической цервикалгией [9].

Таким образом, наиболее часто у пациентов с хроническими болевыми синдромами различного генеза при обследовании с помощью дТМС

регистрируются повышение амплитуды и снижение порога ВМО и латентности, свидетельствующие о нарушении потока импульсов. Данное положение подтверждается рядом исследований, демонстрирующих значительное повышение функциональной активности первичной моторной коры, согласно данным ЭЭГ и ТМС у здоровых испытуемых с экспериментальным болевым синдромом.

Снижение функциональной активности первичной моторной и сенсорной коры наблюдается после устранения болевого синдрома у здоровых добровольцев, что было показано в метаанализе 21 исследования ТМС в этой области.

По данным других исследований, амплитуда вызванного моторного ответа дает представление о количестве вовлекаемых в стимуляцию мотонейронов, а изменение параметров стимуляционного ответа при головной боли напряжения, вероятно, свидетельствует о повышенной возбудимости корковых нейронов с вовлечением большего их количества в ответ на ТМС.

Таким образом, дТМС является неинвазивным методом нейростимуляции с большим диагностическим и терапевтическим потенциалом. Требуется дальнейшее исследование механизмов воздействия переменного магнитного поля на головной мозг, уточнение оптимальной локализации магнитной катушки и параметров стимуляции для диагностики при различных формах патологии.

### Литература

1. Hallett, M. Transcranial Magnetic Stimulation: A primer. / M. Hallett // *Neuron*. – 2007. – Vol.55 (19). – P. 187-199.
2. Лихачев, С.А. Успехи транскраниальной магнитной стимуляции: миф или реальность. / С.А. Лихачев, Ю.Н. Голец // *Клиническая неврология*. – 2008. – №2. – С. 26-30.
3. Wassermann, E. M. Risk and safety of repetitive transcranial magnetic stimulation: report and suggested guidelines from the International Workshop on the Safety of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation, June 5–7, 1996 / E. M. Wassermann // *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. – 1998. – Vol.108. – P. 1-16.
4. Repetitive transcranial magnetic stimulation. Recommendations for the practice of clinical neurophysiology: guidelines of the international federation of clinical neurophysiology / Hallett M. [et al.] // *Electroencephalography and clinical neurophysiology*. – 1999. – Vol.52. – P. 105-113
5. The Safety of TMS Consensus Group. Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research / Rossia S. [et al] // *Clinical Neurophysiology*. – 2009. – Vol.120 (12). – P.2008-2039.
6. Белова, А.Н. Транскраниальная магнитная стимуляция: клиническое применение и научные перспективы / А.Н. Белова, С.Н. Балдова // *Успехи современного естествознания*. – 2015. – №9. – С. 34-42.
7. Ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция в неврологии и психиатрии / А.В. Червяков [и др.] // *Журнал неврологии и психиатрии*. – 2015. – Т.12. – С. 7-18.
8. Framework for Understanding the Relationship between Descending Pain Modulation, Motor Corticospinal, and Neuroplasticity Regulation Systems in Chronic Myofascial Pain / L.M. Botelho [et al] // *Frontiers in Human Neuroscience*. – 2016. – Vol.10. – P. 308-312.
9. Salerno, A. Motor cortical dysfunction disclosed by single and double magnetic stimulation in patients with fibromyalgia / A. Salerno [et al] // *Clinical Neurophysiology*. – 2000. – Vol.111(6). – P. 994-1001.

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Государственное учреждение  
«РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
МЕДИЦИНСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ И РЕАБИЛИТАЦИИ»

# МЕДИКО-СОЦИАЛЬНАЯ ЭКСПЕРТИЗА И РЕАБИЛИТАЦИЯ

Сборник научных статей

*Основан в 1999 году*

Выпуск 26

Под общей редакцией заслуженного деятеля науки Республики Беларусь,  
доктора медицинских наук, профессора В. Б. Смычка

Минск  
«Колорград»  
2024