

Transcranial magnetic stimulation as elective technique to electroconvulsive therapy in the Peru

Juan Foronda, Master¹, Constantino Nieves-Barreto, Master¹, Noemi Zuta-Arriola, Doctor¹, Juan Ramirez-Veliz, Doctor¹, Nestor Gomero Ostos, Doctor¹, Enrique Garcia-Talledo, Doctor¹, Linett Velasquez-Jimenez, Master¹

¹Universidad Nacional del Callao, Perú, jforonda@gmail.com, cmnievesb@unac.edu.pe, nzutaa@unac.edu.pe, jframirezv@unac.edu.pe, ngomeroo@unac.edu.pe, eggarcia@unac.edu.pe, linett20@hotmail.com

Abstract– Repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) is a novel, non-invasive technique that uses electromagnetic force to alter neuronal excitability. The objective of this work is to carry out a brief but updated review of the basic principles of rTMS and to compare it with the principles of electroconvulsive therapy (ECT) in order to analyze its use and usefulness as an alternative method to ECT in Peru.

Keywords-- Electroconvulsive therapy, Transcranial Magnetic Stimulation, Medical care, neuronal excitability.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.437>

ISBN: 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

Estimulación magnética transcraneal como técnica optativa a la terapia electroconvulsiva en el Perú

Juan Foronda, Master¹, Constantino Nieves-Barreto, Master¹, Noemi Zuta-Arriola, Doctor¹, Juan Ramirez-Veliz, Doctor¹, Nestor Gomero Ostos, Doctor¹, Enrique Garcia-Talledo, Doctor¹, Linett Velasquez-Jimenez, Master¹

¹Universidad Nacional del Callao, Perú, jforonda@gmail.com, cmnievesb@unac.edu.pe, nzutaa@unac.edu.pe, jframirezv@unac.edu.pe, ngomeroo@unac.edu.pe, eggarciat@unac.edu.pe, linettf20@hotmail.com

Resumen— La estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) es una técnica novedosa, no invasiva, que utiliza la fuerza electromagnética para alterar la excitabilidad neuronal. El objetivo de este trabajo es realizar una revisión breve pero actualizada sobre los principios básicos del EMTr y compararlo con los principios de la terapia electroconvulsiva (TEC) para poder analizar su uso y utilidad como un método alternativo a la (TEC) en el Perú.

Palabras clave-- Terapia electroconvulsiva, Estimulación Magnética transcraneal, Atención médica, excitabilidad neuronal.

I. INTRODUCCIÓN

Las técnicas de estimulación cerebral no invasiva (TECNI) son herramientas que actualmente se encuentran en gran desarrollo e investigación como una opción terapéutica novedosa en pacientes con daño cerebral adquirido. Las dos técnicas más utilizadas son la estimulación magnética transcraneal repetitiva (Fig. 1 izquierda) y la estimulación transcraneal con corriente directa (Fig. 1 derecha). Ambos métodos permiten inducir pequeñas cantidades de corriente en la corteza cerebral y

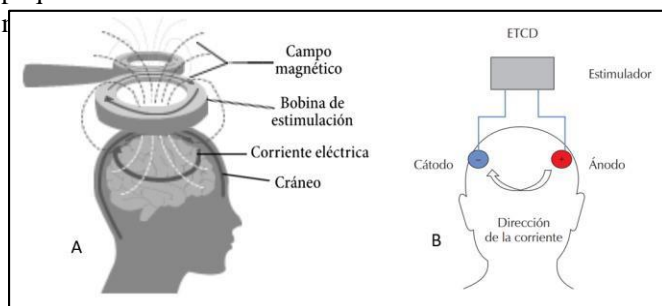


Fig. 1 Estimulación magnética transcraneal (A) y la estimulación transcraneal con corriente directa (B) [1] [2].

La estimulación cerebral no invasiva se diferencia de la terapia electroconvulsiva (TEC) la cual no requiere de sedación, no provoca convulsiones y tampoco se asocia con trastornos de memoria [3]. La TEC consiste en la inducción de una convulsión mediante la administración de un estímulo eléctrico, a través de electrodos generalmente ubicados bilateralmente en

el cuero cabelludo, en un paciente que se encuentre bajo sedación intravenosa o anestesia general como en la Fig. 2. [4]



Fig. 2 Paciente bajo sedación para la TEC

El uso de TEC en otros países es muy variable, la mayoría de los estudios reportan que las tasas de uso de esta técnica continúan siendo bajas. En un estudio realizado en 32 hospitales de Bélgica, se reportó que en el 53% de estos hospitales aplican menos de 10 sesiones de tratamiento por mes, siendo la depresión (89.7%) la principal indicación para su uso. Por su parte, en España se reportó que, de todos los hospitales psiquiátricos hasta diciembre del 2012, solo el 54.9% aplicaban TEC, con una tasa de 0.66 pacientes por cada 10,000 habitantes [5].

En Perú, un estudio realizado en el Instituto Nacional de Salud Mental "Honorio Delgado - Hideyo Noguchi" de Lima, Perú, revisó las historias clínicas de pacientes que recibieron TEC entre los años 2001 y 2011 lo cual nos muestra que el uso de TEC disminuyó a lo largo de ese periodo Fig. 3.

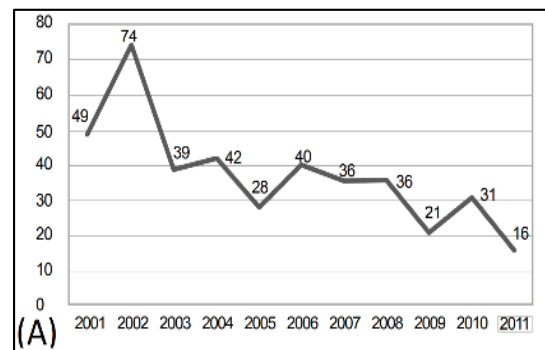


Fig. 3 Estudio hecho en el periodo 2001-2011 sobre los cursos realizados sobre TEC [6].

Y entre los años 2014 y 2016 se aplicaron un total de 3073 sesiones de terapia electroconvulsiva como muestra la Fig. 4.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.437>

ISBN: 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

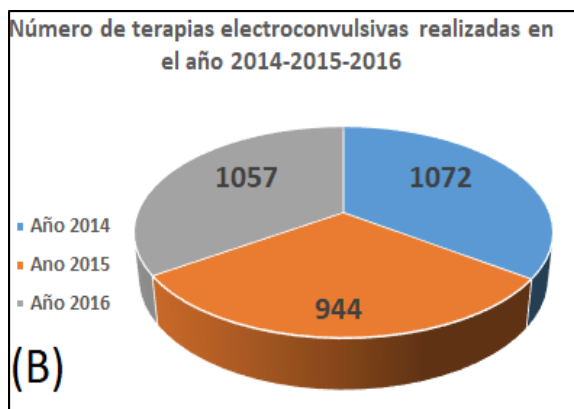


Fig. 4 el estudio realizado sobre el número de terapias realizadas en el periodo 2014-2016 [7]

En el Perú la carencia de formación profesional específica en TEC, también puede haber influido en la disminución del uso de la TEC [8], ya que requiere de un equipo profesional familiarizado y capacitado en esta área, donde la enfermera tiene un papel profesional muy importante en los cuidados antes durante y después del tratamiento al paciente mostrado en la TABLA 1.

TABLA 1
ATENCIÓNES MÉDICAS REALIZADAS DURANTE Y DESPUÉS DE LA TEC

Problema	Intervención	Propósito
Cefalea	Administración de analgesia bajo prescripción médica una vez valorado el reflejo de la deglución.	Mantener la integridad física del paciente.
Náuseas y vómitos	Posición e seguridad: decúbito lateral izquierdo. Ayunas de 4 a 6 horas.	Evitar riesgo de aspiración.
Lesión en lengua	Curar, si precisa suturar. Administración de analgésico por prescripción.	Colocar protector de dientes o labios adecuadamente
Fracturas óseas debidas	Avisar al médico especialista. Observar signos vitales.	Mantener la integridad física
Insuficiencia respiratoria y apnea prolongada	Permeabilidad de las vías aéreas. Administración de oxígeno. Mediación de la frecuencia respiratoria, tipo y ritmo.	Evitar paro cardíaco
Confusión y desorientación	Técnicas de reorientación personal, temporal y espacial.	Disminuir ansiedad
Pérdida transitoria de la memoria	Explicar que es un efecto secundario pero que la recuperará. Dirigirse al paciente por su nombre.	Reorientación
Paro cardio-respiratorio	Resucitación cardiopulmonar. Traslado a unidad de cuidados intensivos.	Evitar muerte del paciente

Aunque la terapia electro-convulsiva continúa siendo el procedimiento primario de neuro-estimulación para el tratamiento de trastornos psiquiátricos graves refractarios a las intervenciones medicamentosas, existe actualmente una diversidad de procedimientos ya aprobados por la Food and Drug Administration (FDA) [9]. En octubre del 2008, (FDA) aprueba la estimulación magnética transcraneal repetitiva

(EMTr) como un tratamiento eficaz, no invasivo, seguro e indoloro para los pacientes con depresión que no han respondido al menos a un antidepresivo [10]. La idea de aplicar EMTr en el tratamiento de la depresión se basó en los resultados de estudios neurofisiológicos y de neuroimagen previos que habían revelado anomalías estructurales y funcionales en redes y regiones cerebrales ampliamente distribuidas, incluidas la corteza cingulada anterior y el sistema límbico [10]. La Terapia Electroconvulsiva (TEC) y la Estimulación Magnética Transcraneal repetitiva (EMTr) han tomado fuerza en la investigación clínica. [4]

La EMTr no supera en términos de eficacia a la TEC en la depresión, pero es indiscutible que se trata de un procedimiento más simple, menos riesgoso y con menos efectos adversos. Debido a las características únicas de la EMTr, es muy probable que se convierta en una opción terapéutica atractiva. Es no-invasiva, no requiere hospitalización o anestesia y el paciente permanece despierto y completamente alerta durante la sesión. No requiere un periodo de recuperación post-sesión y el paciente puede regresar a sus actividades habituales de inmediato. Se han referido efectos secundarios leves a nivel cognitivo, lo cual es una ventaja significativa al compararse con la terapia electro-convulsiva según la TABLA 2. [9]

TABLA 2
CARACTERÍSTICAS Y EFECTOS SECUNDARIOS DE LA TEC Y LA EMTR

	Terapia electroconvulsiva (TEC)	Estimulación magnética transcraneal (EMTr)
Mecanismo	Convulsiones inducidas eléctricamente	Estimulación electromagnética no convulsiva
Focalidad de la estimulación.	Difusa	Focal ($\approx 1 \text{ cm}^2$)
Principales efectos secundarios	Pérdida de memoria a corto y largo plazo	Ninguna (convulsión muy rara)
Efecto secundario menor	Dolores de cabeza, dolores musculares y de mandíbula, sensación de confusión, malestar y náuseas	Transitorio malestar en el sitio de estimulación, dolores de cabeza, fatiga
Plan de tratamiento	2-3 veces por semana (máx. 15 sesiones)	Diariamente (de lunes a viernes) durante 4 a 6 semanas

Por la importancia del tema, como nueva tendencia terapéutica en las neurociencias, se pretende realizar el armado de un equipo de Estimulación Magnética Transcraneal para ser usado como alternativa al método de la Terapia Electroconvulsiva en el Perú [6].

II. MÉTODOS Y MATERIALES

A. Armado del estimulador magnético transcraneal

En esta sección se pretende describir una serie de aspectos generales relacionados con el uso del estimulador electromagnético transcraneal presentado en la Fig. 4, su mecanismo de acción y utilidad en la práctica clínica.

1) Equipos y componentes utilizados



Fig. 4 Equipo estimulador magnético transcranial

a) Bobina de figura de ocho

La bobina angulada en forma de ocho asegura la Estimulación focalizada y precisa en la corteza cerebral, la forma anatómica de la bobina es congruente con la forma de la cabeza y permite lograr la precisión en posicionar la bobina de estimulación y evitar que la bobina se separe del punto de estimulación.

b) Control del sistema

Unidad principal controla todo el sistema. Los indicadores muestran los parámetros del estimulador, los botones y las perillas ubicados en el panel frontal. Además, la bobina de estimulación puede ser controlado por el software Neuro-MS.NET.

c) Estimulación de alta frecuencia

La unidad principal del estimulador magnético es capaz de generar pulsos a una frecuencia de hasta 30 Hz. La máxima intensidad se alcanza a una frecuencia de hasta 5-7 Hz. La fuente de alimentación adicionalmente permite aumentar esta frecuencia hasta 20-25 Hz según el tipo de bobina y la frecuencia máxima mostrada en la TABLA 3 [11].

TABLA 3
PARÁMETROS DE ESTIMULACIÓN COMÚNMENTE USADOS

Frecuencia rTMS	Duración media del tren	Intervalo de trenes promedio
4-9 Hz	Variable	Variable
10 Hz	5-6 trenes de pulsos para 400-500 ms	3.2 s
20-25 Hz	10 trenes de pulsos para 400-500 ms	17.1 s

d) Sistema de enfriamiento líquido

El sistema de enfriamiento se diseña para evitar el sobrecalentamiento de la bobina durante las sesiones de EMT, a largo plazo. Se implementa el método de enfriamiento activo del componente de la bobina. El líquido refrigerante llena toda la bobina, se ejecuta dentro del devanado y por lo tanto neutraliza el calor generado en el sitio.

2) Características del equipo de estimulación magnética transcranial

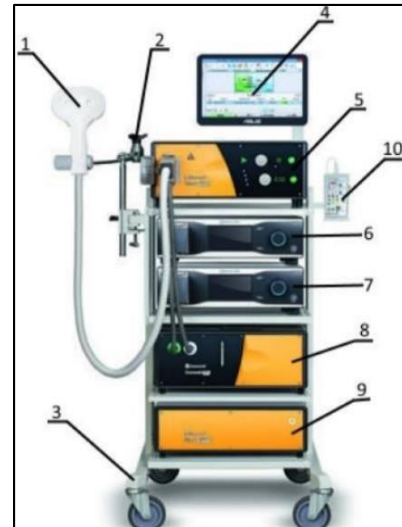


Fig. 5 Señalización de las partes del equipo.

a) Partes del equipo, guiarse de la Fig. 5.

- Bobina refrigerada en forma de ocho de 100 mm AFEC-02-100-C (la bobina enfriada se utiliza junto con la unidad de refrigeración).
- Brazo flexible para posicionamiento de la bobina K-3.
- Carro con ruedas para estimulador magnético (4 estantes).
- Computadora con pantalla táctil (no está incluida en el juego de entrega).
- Unidad principal MSD.
- Unidad MS monofásica.
- Unidad MS monofásica pareada.
- Unidad de enfriamiento.
- Unidad de fuente de alimentación extra.
- Neuro-MEP Micro Digital EMG sistema (Neuro-EMG-MS equipo de administración).

b) Especificaciones Técnicas

Se realiza la descripción detallada de los parámetros del equipo de estimulación magnética transcranial en la TABLA 4.

TABLA 4
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PARÁMETROS	VALORES
Duración del pulso: Estándar bifásico	250-350 μ s
Frecuencia máxima a la potencia máxima: Sin unidad de potencia adicional Con unidad de fuente adicional	5 Hz 20 Hz
Suministro de voltaje	(220 \pm 22)/(230 \pm 23) V
Consumo máximo de energía durante la estimulación:	
Unidad principal	\leq 1000 V.A
Unidad de enfriamiento	\leq 1000 V.A
Unidad de fuente de alimentación adicional	\leq 3000 V.A

B. Descripción y principio de funcionamiento de la bobina

Durante el pulso de la corriente alterna alta intensa (8 kA) que fluye a través de la bobina mostrado en la Fig. 6, el campo magnético emerge cerca de la bobina induciendo la corriente en los tejidos del paciente, generando la excitación del nervio como durante la estimulación eléctrica común. Estructuralmente la bobina no refrigerada se hace del alambre de cobre. La corriente que fluye a través de este cable provoca el calentamiento de la superficie de la bobina de operación.



Fig. 6 Bobina angulada en forma de ocho. [17]

El uso de bobinas con la Unidad de enfriamiento permite aumentar el tiempo de operación continua sin recalentamiento, el arrollamiento de la bobina se hace del tubo de cobre donde circula el líquido refrigerante. En este tipo de bobinas Para controlar la temperatura de la superficie de trabajo de la bobina, se coloca el sensor de temperatura, las lecturas de este sensor son monitoreadas por el sistema de control del estimulador y luego la unidad de refrigeración realizará el proceso de enfriamiento [6].

El software NEURO-MS.NET localizado en el módulo de control del sistema del equipo, permite cualquier algoritmo de estimulación. También provee el modo Theta ráfaga con 100 Hz de frecuencia de estimulación [12], está diseñado para controlar el estimulador magnético a través de la computadora es capaz de mantener la base de datos de pacientes, administrar las sesiones de tratamiento, realizando la estimulación usando las reglas preestablecidas y también creando o personalizando los protocolos de estimulación.

III. PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE LA ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA TRANSCRANEAL

Para poder realizar el tratamiento se siguen los siguientes pasos:

A. *Se lleva al paciente a una sala de tratamiento:* El paciente se tiene que sentar en una silla y colocarse tapones en los oídos. Durante una sesión de EMT, se coloca una bobina electromagnética al lado del cuero cabelludo cerca de la frente del paciente.

B. *El médico determinará la cantidad de energía magnética necesaria:* aumentando la dosis magnética hasta que se le contraigan los dedos o las manos del paciente. El «umbral motor», esto se usa como punto de referencia para determinar la dosis adecuada para el paciente. Durante el curso del

tratamiento, se puede modificar la cantidad del estímulo, dependiendo de los síntomas y de los efectos secundarios [13].

C. *El dispositivo envía pulsos magnéticos a través del cráneo:* el procedimiento dura aproximadamente 40 minutos, tiempo en el cual el paciente estará completamente despierto [14]. El paciente puede retomar sus actividades cotidianas luego del tratamiento. Generalmente, entre un tratamiento y otro se puede trabajar y manejar.

V. RESULTADOS

Cumple con los requisitos de la norma internacional IEC 60601-1-2: 2007. El estimulador magnético está diseñado para funcionar en un entorno electromagnético y cumple con los requisitos de seguridad de IEC 60601 1: 2005, se refiere a la clase I y tiene piezas de trabajo de tipo BF que cumplen con los requisitos de IEC 60601-1: 2005.

Se realizó un meta-análisis de los procedimientos realizados en los tratamientos de EMTr y la TEC en [4] [7] [10] [15] [16] y se resumió en la tabla 4 los aspectos más importantes a tener en cuenta como el personal requerido para el procedimiento, el uso de la anestesia, la hospitalización y el tiempo de recuperación.

TABLA 5
RESUMEN DE LOS PROCEDIMIENTOS EN LA EMTR Y LA TEC

	Terapia electroconvulsiva (TEC)	Estimulación magnética transcraneal (TMS)
Ajuste	Requiere hospitalización	Realizado en un entorno ambulatorio.
Personal requerido	Psiquiatra, un anestesista, una enfermera y una auxiliar de enfermería	Psiquiatra o Neurólogo.
Procedimiento médico	Requiere anestesia general	Sin anestesia ni sedación
Tiempo de recuperación después de cada tratamiento	4 Horas	20 Minutos

VI. CONCLUSIONES

La EMT es una técnica que permite la modulación de redes neuronales en sujetos normales y con distintos trastornos Neuropsiquiátricos. La EMT tiene gran potencial y se puede utilizar con fines terapéuticos en enfermedades neurológicas y psiquiátricas.

Para continuar los avances en el conocimiento de la EMT como herramienta terapéutica se necesita la realización de ensayos clínicos aleatorizados, debido a que este diseño de estudio aporta el mayor nivel de evidencia científica siempre que se realice con la suficiente calidad metodológica.

La estimulación cerebral no invasiva un procedimiento más simple, ya que no precisa de tanto personal para su aplicación; la TEC precisa además del psiquiatra, de un anestesista, una enfermera y una auxiliar de enfermería, así como prolongar el post TEC en una sala de Reanimación una media de dos horas después de su aplicación [9].

REFERENCIAS

- [1] M. I. Hernández Gutiérrez y P. Carrillo Mora, «Aplicaciones terapéuticas de la estimulación cerebral no invasiva en neuror rehabilitación,» Medigraphic, Ciudad de México, 2017.
- [2] J. C. Hevia Orozco, M. Barbosa Luna y G. Armas Castañeda, «Efectos cognitivos y conductuales de la estimulación magnética transcraneal en pacientes psiquiátricos y participantes sanos,» Researchgate, Ciudad de México, 2020.
- [3] L. Gómez Fernández, «Estimulación cerebral no invasiva en las enfermedades neurológicas y psiquiátricas,» Revista Cubana de Neurología y Neurocirugía, La Habana, 2018.
- [4] S. C. Jarpa Preisler y A. I. Cruz Flores, «Terapia Electroconvulsiva y Estimulación Magnética Transcraneal Repetitiva en pacientes con esquizofrenia: una revisión sistemática,» Revista ANACEM, Maule, 2020.
- [5] R. M. Lamas Aguilar, R. Colín Piana y A. González Aguilar, «Panorama general de la terapia electroconvulsiva: indicaciones y funcionamiento,» Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM, Ciudad de México, 2020.
- [6] J. W. Foronda Bocanegra, «Elaboración de procedimiento de estimulación magnética transcraneal como alternativa al método de la terapia electroconvulsiva,» Universidad Nacional del Callao, Callao, 2020.
- [7] C. A. Guevara Pérez, «Cuidados de enfermería en pacientes hospitalizados sometidos a terapia electroconvulsiva. instituto de salud mental "honorio delgado - hideyo noguchi". 2016,» Universidad Nacional del Callao, Callao, 2017.
- [8] C. Cortez Vergara, L. Cruzado, I. G. Rojas Roja, M. Sánchez Fernández y G. Ladd Huarachi, «Características clínicas de pacientes tratados con terapia electroconvulsiva en un hospital público de Perú,» Rev Peru Med Exp Salud Publica, Lima, 2016.
- [9] A. M. Gago Ageitos, M. J. Durán Maseda, M. Vidal Millares, J. López Morínigo y J. Cudeiro Mazaira, «La estimulación magnética transcraneal para el tratamiento de alucinaciones auditivas refractarias en niños y adolescentes,» Revista De Psiquiatría Infanto-Juvenil, LA Coruña, 2016.
- [10] R. Di Iorio, S. Rossi y P. M. Rossini, «One century of healing currents into the brain from the scalp: From electroconvulsive therapy to repetitive transcranial magnetic stimulation for neuropsychiatric disorders, » Clinical Neurophysiology, Roma, 2021.
- [11] Neurosoft, «Neuro-MS/D Transcranial Magnetic Stimulator», 2015.
- [12] «Neuro-MS/D - neurosoft - PDF catalogs», Medicaexpo.com. [En línea]. Available en: <https://pdf.medicaexpo.com/pdf/neurosoft/neuro-ms-d/69506-235105.html>.
- [13] Clínica Mayo, «mayoclinic.org,» mayoclinic.org, 29 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://www.mayoclinic.org/es-es/tests-procedures/transcranial-magnetic-stimulation/about/pac-20384625#:~:text=Durante%20una%20sesi%C3%B3n%20de%20EMT,de%20%C3%A1nimo%20y%20la%20depresi%C3%B3n.>
- [14] Top Doctors España, «topdoctors.es,» topdoctors.es, [En línea]. Available: <https://www.topdoctors.es/diccionario-medico/estimulacion-magnetica-transcraneal>.
- [15] Y. J. Zhao, P. C. Tor, A. L. Khoo, M. Teng, B. P. Lim, y Y. M. Mok, «Cost-effectiveness modeling of repetitive transcranial magnetic stimulation compared to electroconvulsive therapy for treatment-resistant depression in Singapore», Neuromodulation, vol. 21, núm. 4, pp. 376–382, 2017.
- [16] S. E. de Psiquiatría Biológica, CONSENSO ESPAÑOL sobre la Terapia Electroconvulsiva. C/ Arturo Soria 311, 1o B 28033 Madrid, 2018.
- [17] M. Curado, B. Fritsch, and J. Reis, «Non-invasive electrical brain stimulation montages for modulation of human motor function,» Journal of Visualized Experiments, no. 108, 2016.