

# Estimulación magnética transcraneal y trauma acústico\*

Acad. Dr. Miguel Angel Collado-Corona,\*\* Dr. I Mora-Magaña,\*\*\* Dr. LM Cordero-Guzmán,\*\*  
Dr. R Toral-Martíñón,\*\*\* Dr. M Shkurovich-Zaslavsky\*\*\*\*

## Resumen

La estimulación magnética transcortical (TCMS) es un método no invasivo para el estudio de la función motora en humanos, sin embargo, existen algunos autores que sugieren que causa daño auditivo (coclear). Se estudiaron 15 pacientes (edades entre 11 meses y 16 años, con una media de 6.8 años) con potenciales evocados auditivos de tallo cerebral (PEATC), emisiones otoacústicas (EOAs), reflejo estapedial (RE) y audiometría convencional cuando fue posible, antes y después de TCMS para estudios de conducción central en enfermedades neurológicas diferentes. Los pacientes no tuvieron protección auditiva ni historia de crisis convulsivas. Los potenciales evocados motores fueron registrados de los músculos abductores breves y primer interóseo dorsal en reposo y durante la contracción voluntaria cuando esto fue posible. Un promedio de 18 estímulos fue aplicado con intensidades entre 50 y 75% (1~1.5 Teslas de intensidad). Los PEATC, EOAs, RE y audiometrías fueron practicados antes y después de la estimulación, dos semanas después y dos meses después cuando fue posible.

La distribución logarítmica natural tuvo disposición normal. No existieron diferencias significativas en las pruebas de función auditiva.

Por tanto, es un procedimiento seguro para la integridad de la vía auditiva.

**Palabras clave:** estimulación magnética transcraneal, traumatismo acústico, hipoacusia, seguridad.

## Summary

Transcranial magnetic stimulation (TCMS) is a non-invasive method for assessing motor function in humans.

However, there are some reports that suggest internal ear cochlear damage. Fifteen patients with normal auditory function (ages 11 months to 16 years, mean 6.8 years) were tested with brainstem auditory evoked potentials (BSAEP), otoacoustic emissions (OAEs), acoustic reflex (AR), and conventional audiometric tests when possible, before and after (TCMS) transcranial magnetic stimulation for central motor conduction studies in different neurological pathologies. Patients had no auditory protection and no history of seizures. Motor evoked potentials as well as silent periods were recorded from the right abductor pollicis brevis and first dorsal interosseus muscles during rest and weak voluntary contraction when possible. A mean of 18 TCMS between 50 and 75% (1~1.5 Teslas intensity) were given to each patient; BSAEP, OAEs, AR, and audiometric tests were performed before and after TCMS and 2 weeks and 2 months after TCMS.

Natural logarithmic transformation of amplitude data resulted in normal distribution. There were no significant differences in auditory function testing.

Therefore, TCMS is a safe procedure for auditory function.

**Key words:** Transcranial magnetic stimulation, Acoustic trauma, Deafness, Safety.

\* Presentado en el 14<sup>th</sup> International Congress of EEG and Clinical Neurophysiology. Florencia Italia agosto de 1997.

\*\* Departamento de Neurofisiología Clínica e Investigación, Instituto Nacional de Pediatría.

\*\*\* Departamento de Audiología. Instituto Nacional de Pediatría.

\*\*\*\* Departamento de Neurofisiología Clínica. Hospital ABC.

### Solicitud de sobretiros:

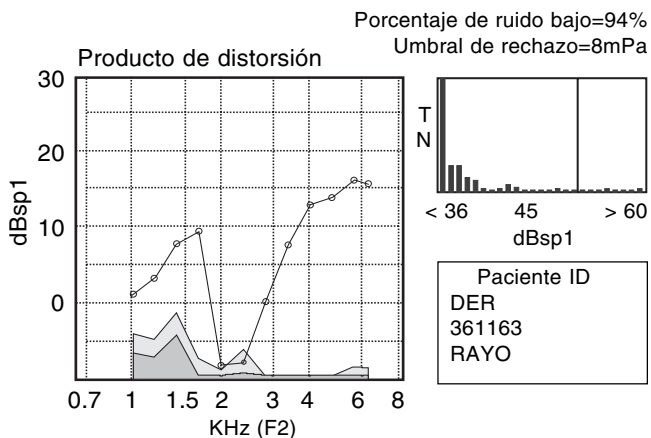
Acad. Dr. Miguel Angel Collado  
Instituto Nacional de Pediatría SS  
Insurgentes Sur, 3700-C. Col. Insurgentes Cuicuilco, CP 04530, D.F.  
Depto. De Neurofisiología Clínica  
Tel 5606-02-03 Fax. 5364-01-47

Recibido para publicación: 16-11-99

Aceptado para publicación: 13-12-99

## Introducción

La estimulación magnética transcraneal (TCMS) es una técnica de diagnóstico no invasiva, desarrollada recientemente para el estudio de la función motora en humanos. Michael Faraday fue el primero en describir la conducción electromagnética en 1831. En 1896, D'Arsonval reportó fosfenos después de haberse autoestimulado con un gran motor colocado sobre su cabeza, y en 1965, Bickford y Fremming desarrollan un rudimentario estimulador magnético no invasivo para la estimulación directa en nervios periféricos. Barker y colaboradores en 1985 consiguen por primera vez un registro clínico, al estimular magnéticamente la corteza motora a través del cráneo intacto de un ser humano. Sin embargo, aho-



**Figura 1.** Emisiones otoacústicas obtenidas por tonos puros pareados (productos de distorsión), que muestran un patrón de trauma acústico característico, con caída en 2 KHz, y con recuperación de 4 KHz.

ra cerca del Siglo XXI, los efectos colaterales de esta técnica son objeto de controversia por algunos autores. Desde 1985 muchos pacientes han sido estudiados con TCMS sin efectos colaterales conocidos, pero por otro lado, existen algunas publicaciones que reportan como principales efectos indeseables las convulsiones y el trauma acústico e hipoacusia. Sólo unos cuantos estudios han sido realizados con metodología rígida para determinar la seguridad del procedimiento<sup>(1,2)</sup>, y la mayoría de los estudios que sugiere algún daño, ha sido realizado en animales.

La literatura en pediatría es muy escasa, sin embargo, hay algunos reportes en niños con sordera profunda que refieren percepción del sonido después de la estimulación<sup>(3)</sup>.

El objetivo de este trabajo es demostrar por medio de las técnicas diagnósticas audiológicas más avanzadas, la inexistencia de daño a nivel de la vía auditiva.

En este trabajo se estudian los efectos de la TCMS en relación a la función auditiva en humanos, para lo cual utilizamos potenciales evocados auditivos de tallo cerebral (PEATC), emisiones otoacústicas (EOAs) audiometría completa aérea y ósea con logaudiometría en los pacientes mayores, timpanograma (Tg) y reflejo acústico (RE) de los músculos de oído medio, a fin de evaluar la función auditiva en una población pediátrica.

Las EOAs son un nuevo procedimiento clínico utilizado en la evaluación de la función de las células ciliadas externas, sobre todo en lactantes. Es un método no invasivo, rápido y de fácil realización. Hay dos tipos de EOAs: espontáneas y evocadas o provocadas. Se producen de dos formas, una por medio de clics llamada transiente y la otra por medio de tonos puros pareados llamada productos de distorsión.

Las EOAs se encuentran presentes en audición normal y ausentes en hipoacusia<sup>(4)</sup>, y presentan un patrón particular en

la hipoacusia inducida por ruido, también conocida como traumatismo acústico<sup>(5)</sup> (Figura 1).

Esta herramienta diagnóstica es objetiva, fácil de usar y junto con los PEATC, son el método de primera instancia en el estudio de recién nacidos y lactantes mayores, así como en pacientes que no pueden o no quieren cooperar con la técnica audiométrica convencional.

## Material y método

Participaron en este estudio 15 pacientes: ocho niños y siete niñas, entre 11 meses y 16 años de edad con alguna patología neurológica. Fueron excluidos pacientes con historia de crisis convulsivas o patología audiológica.

Los padres fueron informados acerca de la naturaleza del procedimiento y otorgaron su consentimiento escrito. La patología neurológica de base fue la siguiente: cuatro casos con diagnóstico de neuropatía periférica, ocho con mielopatías, uno con parálisis facial, uno más con masa tumoral cerebral, y otro con diagnóstico de histeria.

Cuatro de ellos fueron vigilados además en la sala de operaciones durante el procedimiento quirúrgico al que fueron sometidos con TCMS aplicada periódicamente (Cuadro I).

Un aparato estimulador Magstim model 200 con salida máxima al cien por ciento de 2 Teslas de intensidad (Ti), con estimuladores circulares o de anillo de 70 y 90 mm de diámetro y un estimulador de anillo doble ("mariposa") fueron sincronizados a un equipo convencional de potenciales evocados multisensoriales (Figura 2). Las EOAs fueron practicadas con un sistema ILO 92 y se analizaron cuatro puntos por octava desde 1 hasta 6 KHz para obtener el RE, el Tg y la audiometría convencional cuando fue posible, se utilizaron equipos Amplaid 775.

Se practicó una evaluación clínica a todos los pacientes que incluía otoscopia para descartar patología de oído externo y oído medio; posteriormente se practicó estudio de Tg, RE, PEATC y EOAs antes de la TCMS. El Tg se practicó una sola vez para determinar presencia de líquido en oído medio.

El RE fue realizado antes e inmediatamente después de la TCMS, a frecuencias de 0.5, 1.0, 2.0 y 4.0 KHz. Los PEATC fueron practicados antes, inmediatamente después y 24 horas más tarde, así como las EOAs de la misma manera de los PE, además una semana y dos meses después del procedimiento. No se colocó protección auditiva.

Los potenciales evocados motores (PEM), fueron registrados del músculo abductor *pollicis brevis* bilateralmente, por medio de electrodos de superficie colocados sobre la masa muscular y el tendón respectivamente; el estimulador fue centrado 2 cm atrás del vértex (Cz) del lado derecho primeramente para estimular la corteza motora contralateral y del lado izquierdo posteriormente. Para el músculo tibial ante-

**Cuadro I.** Características individuales de los pacientes (TO) muestra a los pacientes que además fueron vigilados transquirúrgicamente.

Edad	Sexo	No. estim.	Coil	Ti%	Diagnóstico
7 a	F	15	90	55	Displasia cervical
10 a	M	16	70	65	Masa dorsolumbar (TO)
11 m	M	9	70	70	Mielomeningocele
4 a	F	19	70	50	S. Arnold-Chiari
9 a	F	10	90	75	Neuropatía periférica
14 a	M	9	90	50	Neuropatía periférica
10 a	F	11	90	75	Xifo-escoliosis (TO)
4 a	F	15	DC	75	Sección medular
2 m	M	9	70	50	Masa lumbar alta (TO)
6 a	M	21	DC	75	Barras de tracción (TO)
15 a	F	2	90	50	Histeria
3 a	F	8	70	50	Parálisis cerebral
2 a	M	9	70	60	Lesión cubital
16 a	M	8	90	75	Neuropatía periférica
9 a	M	10	70	75	Enfermedad de motoneurona

rior el estimulador fue centrado sobre un punto entre 2 y 4 cm anterior a Cz<sup>(7)</sup>. En la estimulación del nervio facial, el estimulador en anillo fue colocado en la región temporo-occipital con una orientación de la corriente en sentido horario para la estimulación en el lado derecho y viceversa. La estimulación fue llevada a cabo en reposo y durante la contracción muscular voluntaria para facilitación, cuando la cooperación fue posible por la edad del paciente<sup>(8)</sup>.

Se aplicaron de 8 a 21 estímulos corticales, de acuerdo a la obtención adecuada del PEM esperado, con una potencia de estímulo que fluctuó entre 50 y 75% de la salida máxima (1~1.5 Ti). Se midieron las latencias de los PEM y las amplitudes de la línea de base al pico máximo y el tiempo de duración de la onda negativa.

## Resultados

El Tg mostró una curva tipo A de la clasificación de Jerger. Los umbrales del RE fueron para 0.5, 1, 2 y 4 Khz, con prueba ipsilateral a 90, 95, 80, 90 dB SPL y contralateral a 90, 95, 80 y 80 dB SPL. Las EOAs además de comprobar la respuesta coclear, sirvieron para detectar un posible traumatismo acústico. Los PEATC no mostraron cambios significativos en la conducción a través del sistema del lemnisco lateral, ni cambios en los umbrales auditivos obtenidos antes y después de la TCMS.

Un audiograma convencional fue practicado una semana después en los pacientes mayores y que cooperaron para esta prueba diagnóstica, y mostró audición normal. La transformación logarítmica natural de datos resultó en una distribución normal.



**Figura 2.** Estimador de doble anillo para estimulación transcraneana.

## Discusión

Los anillos usados para la TCMS producen un ruido intenso por un artefacto acústico, cuyo máximo pico de energía es 157 dB SPL al aplicar cien por ciento de la salida que corresponde a 2 Ti, en un margen entre 2 y 5 Khz, que potencialmente puede causar traumatismo acústico<sup>(5,6)</sup>.

Counter y colaboradores<sup>(9)</sup>, describen daño coclear severo y permanente caída de los umbrales auditivos inmediatamente después de la TCMS en conejos albinos y en chinchillas y sugiere que la efectividad del efecto protector del reflejo estapedial es insuficiente para evitar los im-

pulsos de alta frecuencia de los estimuladores magnéticos, y por tanto, la onda de presión sonora daña el oído interno. Nosotros no apoyamos estos hallazgos por varias razones: primero porque el modelo animal usado no es adecuado como lo demuestran los resultados de Hiroshi<sup>(10)</sup> en monos; segundo, porque la función coclear es diferente en las especies estudiadas y no se especifica ni la intensidad, ni el número de estímulos aplicados, además de que las curvas de respuesta auditiva que presentan son inconsistentes y de difícil interpretación y las técnicas de RE y Eras no se aplicaron.

Las mediciones más recientes hechas por Barker y Stevens<sup>(11)</sup> demuestran una salida máxima de 124 dB sobre la superficie del anillo, que cae hasta 117 bB al alejarse 50 mm del mismo. Estos valores son aceptados por la mayoría de las Normas Oficiales en todos los países de la comunidad europea, así como en Japón y Canadá, sin embargo, la FDA en los Estados Unidos no acepta aún su uso clínico, hasta contar con un número mayor de reportes que prueben su seguridad.

Nuestros resultados no demuestran cambios con toda la batería diagnóstica utilizada, ni a nivel coclear ni en toda la vía auditiva a través del tallo cerebral y proponemos algunas medidas extras de seguridad como: a) estimular a 75% Ti o menos, b) estimular lejos del oído, c) tratar de estimular a la menor frecuencia posible, d) estimular exclusivamente el número de veces necesario, e) si se utilizan trenes de alta frecuencia (1-50 Hz), dar espacio a tiempos de recuperación entre cada estimulación.

Se concluye que la TCMS es un método diagnóstico seguro, objetivo, no invasivo y no doloroso que permite el estudio de la vía corticoespinal en niños pequeños y adolescentes con múltiples aplicaciones clínicas y que no causa daño auditivo.

## Referencias

1. Chokroverty S, Hening W. Magnetic brain stimulation: safety studies. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1995; 97: 36-42.
2. Kandler RL. Safety of transcranial magnetic stimulation. *The Lancet* 1990; 335: 469.
3. Wang H, Wang X, Scheich H. LTD and LTP induced by transcranial magnetic stimulation in auditory cortex. *Neuroreport* 1996; 7: 521-525.
4. Margolis RH. Detection of hearing impairment with acoustic stapedius reflex and Oes. *Ear Hear* 1993; 14: 3-10.
5. Mora-Magaña I, Collado-Corona MA, Toral-Martiñón R, Cano A. Acoustic trauma caused by lightning. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 1996; 35: 59-68.
6. Zenner HP. Possible roles of outer hair cells d.c. movements in the cochlea. *Br J Audiol* 1993; 27: 73-7.
7. Macdonell RAL, Shapiro BE, Chiappa KH, Helmers SL, Cross D, Day BJ, Shahani BT, Phil D. Hemispheric threshold differences for motor evoked potentials produced by magnetic coil stimulation. *Neurology* 1991; 41: 1441-4.
8. Jalinous R. Technical and practical aspects of magnetic stimulation. *J Clin Neurophysiol* 1991; 8: 10-25.
9. Counter SA, Borg E, Lofquist L, Brisma T. Hearing loss from acoustic artifact of the coil used in extracranial magnetic stimulation. *Neurology* 1990; 40: 1159-62.
10. Hiroshi Y, Tetsuya T, Ken IW, Akichica M, Ensor E. Transfeldt. Effect of transcranial magnetic stimulation on cerebral function in a monkey model. *Electroenceph, Clin Neurophysiol* 1995; 97: 140-44.
11. Barker AT, Stevens JC. Measurement of the acoustic output from two magnetic nerve stimulator coils. *J Physiol* 1991; 431: 301.