



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE PSICOLOGIA

**"EVALUACION DE LA PARTICIPACION DE LA CORTEZA
PARIENTAL POSTERIOR EN UN APRENDIZAJE
VISUO-MOTOR MEDIANTE ESTIMULACION
MAGNETICA TRANSCRANEAL"**

T E S I S
Q U E P R E S E N T A N:
P A B L O M O R E N O B R I S E Ñ O
P A R A O B T E N E R E L T I T U L O D E
L I C E N C I A D O E N P S I C O L O G I A



**FACULTAD
DE PSICOLOGÍA**

DIRECTOR DE TESIS: JUAN FERNANDEZ RUIZ
REVISOR DE TESIS: FELIPE CRUZ PEREZ

MEXICO, D.F.

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Agradecimientos

Al Dr. Juan Fernández Ruíz, quien me recibió en su laboratorio desde mayo del 2002 y supervisó el presente estudio.

A los miembros del jurado:

Al Dr. Felipe Cruz Pérez por sus comentarios y discusiones.

Al Mto. Alfonso Salgado Benitez sus comentarios y sugerencias.

Al Dr. Gustavo Bacha Mendez por sus sugerencias en relación al diseño experimental.

A la Mta. Gabriela Castillo Parra por sus múltiples comentarios.

Al Dr. Mario Shkurovich por todas las facilidades prestadas en el Hospital ABC, así como por su tiempo y disposición.

A todo el equipo del departamento de Neurofisiología Clínica del Hospital ABC de México, en especial a Horacio e Isabel del equipo de enfermería y al Ingeniero Jaime Leybon.

Al Ing. Héctor Javier Acosta Corro por la realización del programa, sus sugerencias en el diseño y en especial por su paciencia para realizar los cambios necesarios.

A todos aquellos que participaron en la prueba.

A DGAPA-PAPIIT IN213802

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Pablo Moreno
Briseño

FECHA: 10-08-2004

FIRMA: [Firma]

A mi familia y amigos

Índice

<i>Resumen</i>	6
<i>Capítulo 1. Aprendizaje visuomotor y el modelo de adaptación a prismas</i>	7
<i>Capítulo 2. Estimulación Magnética Transcraneal</i>	12
<i>Capítulo 3. Método y Diseño del Experimento</i>	17
<i>Capítulo 4. Resultados y Discusión</i>	27
<i>Capítulo 5. Conclusiones y Perspectivas</i>	30
<i>Bibliografía</i>	32
<i>Apéndice</i>	35

Índice de figuras

Figura 1. <i>Diagrama del campo eléctrico inducido por el pulso de estimulación magnética.</i> ..13	13
Figura 2. <i>Fotografía del dispositivo para la realización de la tarea.</i>19	19
Figura 3. <i>Fases del modelo empleado para la tarea de adaptación a prismas.</i>20	20
Figura 4. <i>Esquema del diseño experimental (organización de los grupos)</i>21	21
Figura 5. <i>Dibujo del estimulador Magnético Transcraneal marca Magstim modelo 200.</i>22	22
Figura 6. <i>Gráfica de dispersión de las curvas de adaptación promedio de los grupos que realizaron la prueba con desplazamiento visual hacia la derecha</i>27	27
Figura 7. <i>Gráfica de dispersión de las curvas de adaptación promedio de los grupos que realizaron la prueba con desplazamiento visual hacia la izquierda.</i>27	27
Figura 8. <i>Gráfica de barras del postefecto.</i>28	28

Resumen

La adaptación a prismas es un modelo de aprendizaje no declarativo, procedimental, de tipo visuo-motor, en el cual el sistema motor se adapta a nuevas coordenadas visuoespaciales impuestas por prismas que desplazan el campo visual. Estudios recientes han empezado a identificar diferentes grupos neuronales que parecen estar involucrados en la tarea de adaptación a prismas, entre ellos, se encuentra la corteza parietal posterior. En el presente estudio se buscó evaluar la participación de dicha corteza en la tarea de adaptación a prismas, empleando estimulación magnética transcraneal. Para ello se utilizaron 90 sujetos normales, quienes fueron divididos en 2 bloques, cada uno con tres grupos. Los sujetos de un bloque realizaron la tarea con desplazamiento del prisma al lado izquierdo, mientras que para los del otro bloque fue al lado derecho. En cada bloque hubo un grupo control y dos con estimulación magnética, uno por cada hemisferio. Se encontró una disminución en la adaptación de aquellos sujetos que recibieron estimulación magnética transcraneal en la corteza parietal posterior contraria a la dirección del prisma.

Capítulo 1.

Aprendizaje visuomotor y el modelo de adaptación a prismas

Los sistemas de memoria

La memoria es la capacidad del sistema nervioso de beneficiarse de la experiencia, ya sea de forma simple o compleja, general o específica (Tulving, 2000). El conocimiento sobre las bases neuronales y la naturaleza psicológica de los diferentes sistemas mnemónicos se ha llevado a cabo con la ayuda de diversas disciplinas dentro de las neurociencias. Los modelos de animales, los pacientes con lesiones cerebrales o enfermedades neurodegenerativas y las técnicas de imagenología han contribuido en gran medida al desarrollo de las diferentes propuestas sobre la clasificación de la memoria. Una de las propuestas actuales más incluyentes e integrativa es la realizada por Eichenbaum (2003), quien divide la memoria en cinco sistemas: declarativa, de trabajo, de procedimientos, emocional y perceptual, considerándose las tres últimas como no declarativas.

Diversos estudios han sugerido que la memoria declarativa depende de la integridad de regiones cerebrales que incluyen la región medial del lóbulo temporal (que contiene a las cortezas rinales, el hipocampo y a la amígdala), al tálamo mediodorsal, y a los núcleos mamilares del hipotálamo. Por ejemplo, la dependencia mnemónica del hipocampo y la corteza adyacente es manifestada en el caso HM (Soville y Milner, 1957; Corkin, 2002), mientras que la lesión de los núcleos mamilares ha sido relacionada con la amnesia en el síndrome de Korsakoff (Squire y Zola, 1996; Thompson y Kim, 1996).

Según diversos autores la principal característica que comparten los sistemas de memoria no declarativa es no ser “consciente”, es decir, produce un cambio en el comportamiento pero no un recuerdo (Squire, 1993; Baddeley, 1998). Otras características importantes son que se adquiere a partir de ensayos discretos y que es independiente de los sistemas de memoria declarativa. La memoria de procedimiento puede ser dividida en dos subtipos: el primero incluye la adquisición de habilidades y hábitos, los cuales pueden involucrar refinamientos simples de patrones motores particulares, a menudo repetidos, que pueden extenderse al aprendizaje de largas secuencias de acción en respuesta a estímulos complejos. Se expresa tanto en la adquisición de habilidades (p.e., tocar el piano) como en los elementos únicos del estilo personal. El otro tipo de memoria de procedimiento involucra ajustes de reflejos y adaptaciones específicas motoras del sistema motor a cambios en la información dada por algún sistema sensorial. Por ejemplo, adquirir reflejos condicionados que involucran la asociación de respuestas motoras a un nuevo estímulo o cambiar la fuerza que uno ejerce para compensar un nuevo peso, pero siempre implicando un cambio en la coordinación entre el sistema motor y algún sistema sensorial (Tulving, 1985; Eichenbaum, 2003).

Adaptación a Prismas

La adaptación a prismas es un modelo de aprendizaje no declarativo, procedimental, de tipo visuomotor. Ha sido estudiado por más de un siglo (Helmholtz, 1962) y se han analizado diferentes características del fenómeno (Kornheiser, 1976). El modelo básicamente consiste en pedirle a un sujeto que realice movimientos de alcance hacia un estímulo visual determinado (reaching) mientras ve a través de un prisma. Éste, desplaza su campo visual y lo obliga a adaptarse a las nuevas coordenadas visuo-espaciales que le

impone. Una vez que el sujeto se ha adaptado, el grado y la persistencia de la adaptación se pueden evaluar midiendo la desviación espacial de las acciones motoras en la dirección opuesta al desplazamiento visual impuesto por los prismas, fenómeno conocido como postefecto (Fernández-Ruiz y Díaz, 1999). En el diseño de la prueba se cuida que el movimiento sea balístico, es decir, que el sujeto no pueda corregir el movimiento durante el ensayo, si no únicamente entre un ensayo y otro, planteando así una retroalimentación abierta (open loop).

A pesar de la gran cantidad de literatura que se ha acumulado en este tema, aun es pobre el entendimiento del sistema neuronal involucrado en el proceso de adaptación. De forma general, los estudios realizados hasta el momento se pueden dividir en tres grupos a partir de las regiones involucradas: el cerebelo, los ganglios de la base y la neocorteza. Un estudio realizado con humanos con diferentes tipos de daño cerebeloso reporta que pacientes con una atrofia cerebelosa generalizada, hipertrofia de la oliva inferior, o con infartos focales de la arteria cerebelosa posterior inferior, implicando un daño en la base del puente contralateral o en el pedúnculo medio ipsilateral al brazo que realizó el movimiento, tuvieron una adaptación prismas disminuida o nula (Martin *et al.*, 1996). Estudios con monos han demostrado que lesiones en la corteza cerebelosa que recibe información visual mediante fibras musgosas provenientes de la oliva pontina, tienen una adaptación nula con el brazo ipsilateral a la lesión (Baizer y Glicksetin, 1974; Baizer, Kralj-Hans y Glicksetin, 1999).

Los primeros datos sobre la participación de los ganglios de la base en la adaptación a prismas provienen de un estudio de Bossom (1965), quien reportó que tanto lesiones de la corteza prefrontal como del núcleo caudado en monos Rhesus afectaban presentando una adaptación a prismas mas lenta. Sin embargo, diversos estudios con humanos reportan no

encontrar ninguna diferencia significativa entre la adaptación de sujetos normales y pacientes con Enfermedad de Parkinson o Corea de Huntington, pero sí refieren un postefecto disminuido (Weiner *et al*, 1983; Stern *et al*, 1988 Fernández-Ruiz *et al*, 2003).

Por último, de entre los estudios que involucran áreas neocorticales y adaptación a prismas destaca el de Canavan *et al* (1990), quienes encontraron en pacientes con lesión en lóbulos frontales una disminución en la adaptación a prismas. Posteriormente, Clower y colaboradores (1996) realizaron un estudio mediante tomografía por emisión de positrones en humanos mientras ejecutaban una tarea de adaptación prismas, en donde únicamente encontraron una activación selectiva del surco intraparietal. Dicha activación se presentó selectivamente en el hemisferio izquierdo, tomando en cuenta que las tareas de señalización se realizaron siempre con el brazo derecho y hacia estímulos ubicados en ese mismo lado. Sin embargo, en dicho estudio, no se encontró selectivamente activación cerebelar ni de lóbulos frontales.

Corteza Parietal Posterior

El espacio es un constructo supramodal que no se limita a una sensación específica ya que se desarrolla a partir de la información de los diferentes sistemas sensoriales y se calibra a través del movimiento. Los resultados de diversos trabajos con primates han planteado que es en la corteza parietal donde es representado el espacio, así como su relación con la generación del movimiento y con el proceso de la atención visuoespacial (Colby y Goldberg 1999). Sin embargo, se ha visto actividad en diferentes regiones de la corteza parietal posterior dependiendo del tipo de esquema espacial necesario, siendo relacionadas cuatro subregiones específicas con el control de la guía visual de los movimientos del cuerpo en el espacio. El área intraparietal lateral (LIP), situada en la pared

lateral del surco intraparietal, produce relativamente mayor actividad cuando un mono se prepara a mirar un objetivo que cuando se dispone a buscarlo siendo relacionada con la producción de movimientos sacádicos. El área intraparietal medial (MIP) tiene mayor actividad durante la preparación de un movimiento de alcance (reaching) que en la de un movimiento ocular. Las neuronas del área intraparietal ventral (VIP) responden a estímulos visuales y táctiles, pero sólo presentan respuesta si la trayectoria espacial coincide en tamaño, ubicación (cuadrantes) y preferencia de dirección con el campo receptivo táctil. El área intraparietal anterior (AIP) responde selectivamente a la forma y orientación de los objetos-estímulos. Trabaja en tareas de alcance guiadas por memoria con fines de sujetar el objeto, pero no interviene en tareas de alcance en las que el objeto es desconocido. El tipo de representaciones espaciales con las que trabaja dicha área son orientadas únicamente a la acción de manipular el objeto (Colby y Goldberg 1999; Andersen y Batista, 2000; Cohen y Andersen, 2002; Astafiev y Corbetta, 2003). Además, la corteza parietal posterior también está involucrada en diferentes aspectos cognitivos de orden superior que requieren de procesamiento espacial, como son la aritmética, la lectura o la manipulación mental de imágenes visuales. Por lo tanto, juega un papel importante en programar acciones y transformar señales sensoriales en la planeación de comportamientos motores, en especial aquellos que requieran de una guía visual (Bizzi 2000).

Capítulo 2.

Estimulación Magnética Transcraneal

La estimulación magnética transcraneal (EMT), es una herramienta para la investigación en neurociencias. Funciona bajo el principio de inducción electro-magnética de Faraday, quien demostró que al hacer pasar un pulso de corriente eléctrica por una bobina podía inducir una corriente eléctrica en otra bobina cercana. La corriente en la primer bobina produce un campo magnético mismo que causa una corriente en la segunda bobina. En la EMT la segunda bobina es remplazada por tejido cerebral induciendo una corriente eléctrica que produce actividad neuronal o al menos cambia los potenciales de membrana restantes en la corteza subyacente. La confusión más común con la EMT es la manera exacta en que interviene con el procesamiento de la información cortical. Si un grupo de neuronas están involucradas con una determinada tarea y se introduce un pulso de EMT, es muy poco probable que es estimule selectivamente en el mismo patrón coordinado al de la actividad neuronal involucrado al desarrollo de la tarea. En cambio, se produce una actividad aleatoria respecto a la actividad meta de las neuronas de esa área, interrumpiendo momentáneamente su patrón de disparo y produciendo “ruido neural”. A su vez, esto puede ser interpretado como una inhibición funcional o como una “lesión virtual” al impedir que la información necesaria para llevar a cabo una función sea transmitida de forma adecuada (Walsh y Pascual-Leone, 2003).

Un punto importante de cualquier herramienta empleada para la investigación en neurociencias es su resolución espacial. En el caso de la EMT el campo no es espacialmente focal, en teoría, es infinitamente extenso al igual que el campo gravitacional

de la tierra. Sin embargo, la distribución del campo eléctrico inducido puede ser y ha sido moldeada, y se ha avanzado en relacionar la corriente inducida a sitios específicos de activación con la resolución de unos pocos milímetros (ver figura 1). La eficacia de un pulso de EMT depende en parte, de la orientación de los cuerpos celulares y sus fibras subyacentes con respecto al flujo de la corriente inducida, y en parte a la precisión del momento de la estimulación. Otro punto a considerar es que los efectos de la EMT se limitan a regiones corticales superficiales y no puede utilizarse para investigar funciones de corteza media o de estructuras subcorticales (Kobayashi y Pascual-Leone, 2003).

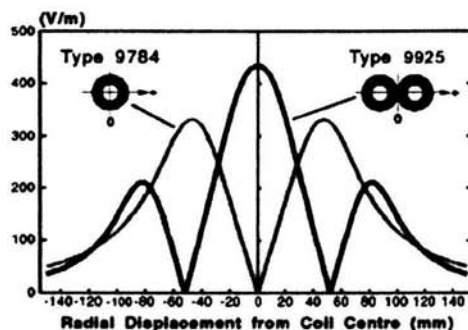
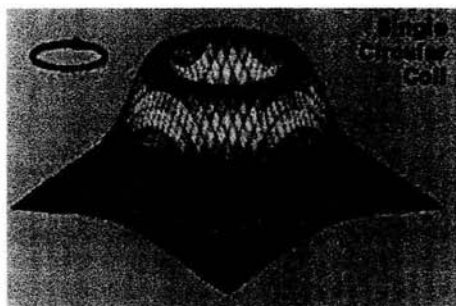


Figura1: Diagrama del campo eléctrico inducido. Al emplear un bulbo redondo de 90 mm de diámetro el campo eléctrico inducido es cero exactamente abajo del centro y alcanza su máximo aproximadamente debajo de la mitad del radio. Tomado de Jalinous.

Respecto a la resolución temporal, el efecto que produce un pulso de EMT sobre un área de corteza es activar simultáneamente una amplia población neuronal. En el punto máximo de activación, el área estimulada tendrá el mínimo índice de señal respecto a la tarea que se intenta desarrollar en proporción al ruido neural producido. De cualquier manera, mientras las neuronas se van recuperando la señal aumentará, e independientemente de que la EMT continúe o no, el efecto dependerá del nivel de señal requerido para realizar la tarea. Por lo tanto, la interacción entre la señal del estímulo magnético y la contribución

estimulación corresponda al pico del tiempo reportado mediante experimentos de potenciales relacionados a eventos. Es decir, la definición temporal de la EMT dependerá de la participación del área en esa tarea, del momento del efecto máximo de la estimulación y de la potencia de la estimulación (Fernández y Pascual-Leone, 2002).

En relación al nivel de invasividad de la EMT y sus posibles efectos colaterales existen un par de contraindicaciones. No se puede utilizar en sujetos que tengan alguna parte de metal intracraneal o en cualquier área de la cabeza (placas, frenos, aretes, etc.), ni tampoco que tengan algún dispositivo electrónico en cualquier parte del cuerpo (marcapasos, algún tipo de bomba, etc.). Se ha discutido la posibilidad de que la EMT pudiera afectar al oído, ya que en su potencia máxima, un pulso puede generar un clic de hasta 110db. Sin embargo, se han hecho estudios para ver esta posibilidad sin encontrar ningún efecto real. Independientemente, como medida de seguridad se recomienda utilizar tapones para los oídos si llega a utilizar el estimulador a más del 75% de su potencia. También debe tomarse en cuenta si el sujeto está resfriado, ya que puede tener los oídos inflamados y sensibles. Con la EMT de pulso único no se ha descrito ninguna otra contraindicación, sin embargo, se ha descrito que al utilizar trenes de estimulación (EMT repetitiva) en áreas motoras se puede causar crisis convulsivas incluso en sujetos sanos. Por lo tanto, se recomienda no utilizar EMTr en áreas motoras ni en sujetos epilépticos o con alguna otra alteración neurológica que se caracterice por una hipersensibilidad en corteza (Walsh y Cowey, 2000).

Las propiedades del estimulador magnético transcraneal de pulso único son las siguientes: la corriente que alimenta al bulbo es de 6000 amps (obtenida a través de 4 capacitores); el pico de la fuerza del campo magnético varía de 1.4 a 4.1 Teslas, dependiendo del tipo y tamaño del bulbo; mientras que el pico de la fuerza del campo

eléctrico (inducido) varía de 260 a 540 V/m. Utilizando un bulbo redondo de 70 mm de diámetro, la densidad de carga inducida es $\approx 0.85 \mu\text{C}/\text{cm}^2/\text{ph}$; el pico de la fuerza del campo magnético es ≈ 2 Teslas y el pico de la fuerza del campo eléctrico inducido es ≈ 400 V/m. (Jalinious).

Otro punto a considerar al trabajar con EMT, en especial si se quiere ver diferencias de participación hemisférica, es que un estímulo potente puede producir una activación de ambos hemisferios, aunque con una pequeña diferencia de tiempo. Esto es debido a una propagación del estímulo a través del cuerpo caloso. Para que un estímulo pueda provocar una respuesta transcallosa, debe de ser de aproximadamente del 130% al 150% de la potencia necesaria para poder producir una respuesta motora por vía piramidal (Meyer et al., 1995).

Estimulación Magnética Transcraneal, Aprendizaje Visuomotor y Corteza Parietal Posterior

En la literatura existente se puede encontrar experimentos en los que la EMT ha sido utilizada en investigaciones relacionadas con algún modelo de aprendizaje visuomotor y la participación de la corteza parietal posterior. En un estudio, VanDonkelaar y Lee (2000) investigaron la participación de la corteza parietal posterior en la coordinación ojo-mano, estimularon magnéticamente por pulsos únicos la corteza parietal posterior mientras los sujetos realizaban movimientos de señalamiento a objetivos situados a diferentes distancias. Estos movimientos iban acompañados de sacadas que requerían la misma amplitud o sacadas sustancialmente más largas. Encontraron que la amplitud de los movimientos de la mano de los sujetos que no recibieron EMT fue influenciado por la amplitud de la sacada correspondientes. Cuando la EMT fue aplicada sobre la corteza parietal posterior (CPP)

izquierda justo antes del inicio de la sacada, se observó una reducción marcada en la influencia sacádica sobre la ejecución motora. La EMT en momentos anteriores o posteriores (durante la respuesta) no causó efecto alguno. Su conclusión fue que la corteza parietal posterior integra señales relacionadas con la información de la amplitud sacádica y con el movimiento del miembro, justo antes del inicio de la sacada. Por otra parte, en un experimento de rotación mental visuomotora en el que en vez de modificar la información de la vía visual, se modificaron los movimientos rotándolos por angulaciones, se encontró que la aplicación de EMT en la corteza parietal posterior en cualquiera de los dos hemisferios produce un retraso en el aprendizaje en tareas con grandes rotaciones (Bestmann y Rothwell, 2002). En conjunto, estos datos corroboran la importancia de la CPP en la integración visuomotora, especialmente en relación a modificaciones espaciales de la ubicación del estímulo, aunque aun no sea clara la relación de cada hemisferio en este proceso. Experimentalmente dichos trabajos muestran que mediante la utilización de la EMT es posible encontrar diferencias conductuales que den indicios sobre la participación de la CPP en la coordinación visual-motora.

Capítulo 3.

Método y diseño del experimento

OBJETIVO

Evaluar la participación de la corteza parietal posterior (áreas P3 y P4 de acuerdo al sistema 10-20 internacional) en la tarea de adaptación a prismas mediante estimulación magnética transcraneal de pulso único.

MÉTODO

Sujetos

En la realización del proyecto participaron 90 voluntarios. Se empleó un muestreo determinístico por criterio. Los criterios de inclusión fueron los siguientes: diestros, que no reportaran antecedentes neurológicos, cuya edad se encontrara dentro del rango de 18 a 25 años. Antes de realizar las pruebas, de acuerdo con la declaración de Helsinki, se obtuvo de forma escrita el consentimiento informado por parte de los sujetos que recibieron EMTp (el formato de la hoja de consentimiento se encuentra como apéndice A).

Prueba experimental y modelos

La prueba comprendió tres fases en las que se realizaron 75 movimientos totales de señalamiento (25 por cada una), dirigidos hacia un estímulo blanco que consistió en una "X" blanca de 2.5 cm² presentada sobre un fondo negro. Para presentar el estímulo se utilizó un monitor Samsung modelo Sync Master de 13 pulgadas, el cual tenía sobrepuesta

una pantalla sensible al tacto marca Magic Touch de 14 pulgadas. Las distancias del toque del sujeto en relación al estímulo blanco eran capturadas a través de la pantalla sensible al tacto y almacenadas en un procesador Acer modelo Altos/UNO (Pentium1 con una velocidad de 200 mega Hertz). El orden de la aparición de los estímulos, la recolección de datos y el comando para dar el estímulo magnético estaban determinados por el programa (software) PRI-4. Éste, fue elaborado por el ingeniero Héctor Javier Acosta Corro a partir de las necesidades de la prueba, empleando Visual Basic® como sistema de programación. Durante la prueba, los sujetos permanecieron sentados en una silla frente al monitor con la cabeza recargada sobre un soporte de madera el cual únicamente le permitía ver a través del ojo derecho. Dicho soporte estaba colocado a 40 cm de la pantalla sensible al tacto (ver figura 2). Todos los movimientos se realizaron con el brazo derecho. Los sujetos únicamente tuvieron retroalimentación visual al inicio y al final de cada ensayo pero no durante el movimiento, forzando al sistema a trabajar bajo un esquema de bucle abierto. Para esto, la prueba se realizó en un cuarto en completa oscuridad y los sujetos únicamente tenían acceso visual a las claves dadas en el monitor.

Como modelo general de la tarea de señalamiento, cada ensayo iniciaba con la aparición del estímulo blanco e inmediatamente el sujeto debía tocar el teclado; al hacerlo, el estímulo desaparecía y el sujeto debía tocar la pantalla en el sitio en el que el estímulo había aparecido. Al registrarse el toque de la pantalla el estímulo blanco aparecía de nuevo, simultáneamente se iluminaba un círculo azul de 6 mm. de radio que señalaba al sujeto el sitio en el que acababa de tocar. Así, la relación entre ambos puntos permitía la retroalimentación necesaria para la corrección en el próximo ensayo. En ese momento concluía el ensayo y el sujeto debía esperar a la aparición del próximo estímulo. En cada fase, los estímulos blanco siempre aparecieron en el mismo sitio.



Figura 2. *Dispositivo para la realización de la tarea.* El soporte para la cabeza se hizo todo de madera para evitar magnetismo con los estímulos magnéticos. El borde del monitor estaba cubierto con una placa negra para que los sujetos evitaran verlo. Desde la placa del soporte en la que se encuentra la mirilla hasta la pantalla sensible al tacto había una distancia mínima de 40 cm.

Durante la primera fase los movimientos se realizaron sin ninguna otra condición y sirvieron como línea base (fase PRE). Antes de iniciar la segunda fase, se colocó en el soporte, frente al ojo derecho del sujeto, un prisma de 30 dioptrías para desviar horizontalmente el ángulo de incidencia visual. Durante esta fase se desplazó al estímulo blanco en la dirección contraria a la desviación del prisma, de manera tal que el estímulo siempre se presentaba al centro del campo visual del sujeto (fase PRI). En la tercera fase se retiró el prisma y el objetivo apareció en la misma ubicación que en la fase PRE (fase POS), con el fin de evaluar el postefecto (ver figura 3).

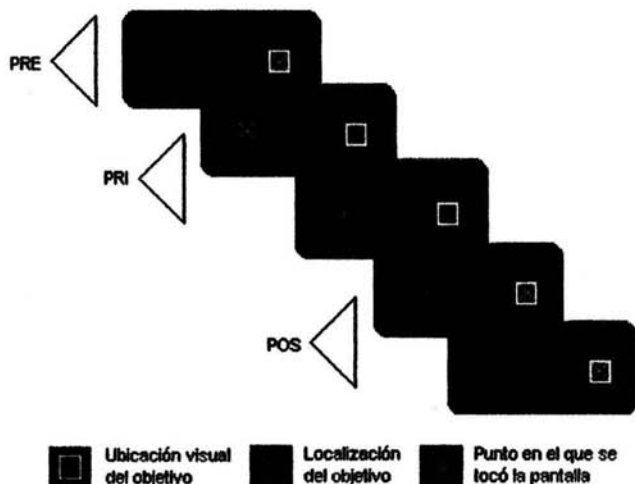


Figura 3. Fases del modelo empleado para la tarea de adaptación a prismas.

Los sujetos fueron divididos en dos bloques, cada uno con tres grupos (ver figura 4). Los sujetos del primer bloque realizaron la fase PRI con desplazamiento visual hacia la derecha (por lo tanto el estímulo era desplazado hacia la izquierda para que continuara apareciendo al centro). De este bloque, el primer grupo (grupo dc) realizó la tarea de adaptación a prismas sin ninguna otra condición, funcionando como control del segundo y tercer grupo. Durante la fase PRI, los sujetos del segundo y tercer grupo recibieron un pulso de EMT cada vez que tocaban la pantalla. El segundo grupo recibió la estimulación en la corteza parietal posterior izquierda (grupo dp3), mientras que el tercero recibió la EMTP en la corteza parietal posterior derecha (grupo dp4). El segundo bloque fue dividido de la misma manera que el primero, con la diferencia de que durante la fase de adaptación el desplazamiento visual del prisma fue hacia la izquierda (grupos ic, ip3 e ip4, respectivamente). Se hicieron dos grupos control, uno por cada bloque, debido a que se ha descrito que si la dirección del desplazamiento del prisma es la misma que la lateralidad del

efector existe una ganancia o facilitación en la adaptación, tanto en la curva de adaptación como en el postefecto (Tilkete, et. al; 2001).

Condición durante la adaptación	Dirección de desplazamiento del prisma	
	Derecha	Izquierda
Control	Ic	Dc
EMTp en p3	Ip3	dp3
EMTp en p4	Ip4	dp4

Figura 4. *Diseño experimental (organización de los grupos).* EMTp indica que recibió un pulso de Estimulación Magnética Transcraneal al momento de tocar la pantalla durante cada ensayo de la fase de adaptación (PRI); p3 indica el sitio de la estimulación, en éste caso, corteza parietal posterior izquierda; p4 en el caso de corteza parietal posterior derecha.

Para probar que los efectos producidos por la EMTp se debieran a una modificación en la información visuomotora y no a algún cambio en la información vestibular o de cualquier otro sistema, los sujetos que recibieron EMTp hicieron una cuarta fase igual a la fase PRE, sólo que en esta fase recibieron un pulso magnético al momento de tocar la pantalla en la misma área en la que habían recibido la estimulación en la fase PRI (fase PRE2). Para evitar una suma en los cambios de actividad debidos a la estimulación magnética se dejó pasar al menos una hora entre la fase POS y la fase PRE2. Para la EMTp se utilizó un aparato MagStim 200® (ver figura 5) conectado a un bulbo redondo de 70 mm de diámetro. Se empleó el sistema 10-20 internacional para determinar el área del cráneo en donde se colocó el bulbo ya que se ha demostrado que hay una alta correlación entre la localización obtenida mediante este sistema y la localización del área de corteza deseado,

encontrándose un error de hasta 10% alrededor del área, dependiendo de diferencias individuales (Herwig U, Satrapi P, Schonfeldt-Lecuona C.; 2003)

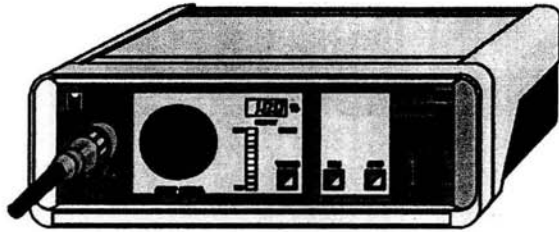


Figura 5: Estimador Magnético Transcranial marca Magstim modelo 200. Tomado de Jalinous.

En el experimento se trabajó con una potencia de estimulación suficientemente alta como para producir un efecto claro, y a la vez mínima para evitar una activación transcallosa. Además, dicha estimulación tomó en cuenta diferencias intrínsecas de excitabilidad cortical entre un sujeto y otro. Para esto, en cada uno de los sujetos en que se utilizó EMTp primero se evaluó cuál era la potencia mínima del estimulador capaz de producir una respuesta motora por vía piramidal. Ésta evaluación consistió en buscar la corteza motora mediante el sistema 10-20 internacional, en específico el área de la mano. Una vez localizada dicha área se le solicitaba al sujeto que relajara el brazo contralateral, recargándolo sobre su pierna y con la palma de la mano hacia arriba. Después, se procedía a dar pulsos de estimulación al sujeto, iniciando al 40% de la potencia del estimulador. Entre un pulso y otro se aumentaba 1% la potencia y se continuaba hasta obtener una respuesta motora visible (contracción muscular involuntaria en algún dedo de la mano). Posteriormente se estimulaba al sujeto disminuyendo 2% de la potencia en que se había obtenido respuesta y se verificaba que ésta fuese insuficiente para producir una respuesta motora. Finalmente, se estimulaba al sujeto con la misma potencia utilizada anteriormente comprobándose que esa fuera la mínima potencia capaz de producir una respuesta motora; con esa potencia de estimulación se trabajó durante el experimento.

VARIABLES

Definiciones Conceptuales

Curva de adaptación: Cambio conductual consistente en la reducción progresiva del error en la coordinación visuomotora en el transcurso de los ensayos de la fase PRI.

Postefecto: Efecto producido al retirar el prisma después de una fase de adaptación, consistente en un error en la coordinación visuomotora en el sentido opuesto a la dirección del desplazamiento del prisma.

Inactivación de la corteza parietal posterior mediante estimulación magnética transcraneal de pulso único: Inhibición funcional de la corteza parietal posterior producida por el pulso de estimulación magnética transcraneal.

Definiciones Operacionales

Curva de adaptación: Distribución de la relación entre el número de ensayos y la distancia horizontal del punto registrado del toque de la pantalla al punto de aparición del objetivo durante la fase PRI.

Postefecto: Distancia horizontal entre el punto registrado en el primer toque de la pantalla al punto de aparición del objetivo durante la fase POS.

Inactivación de la corteza parietal posterior mediante estimulación magnética transcraneal de pulso único: Actividad eléctrica aleatoria en una gran cantidad de neuronas de la corteza parietal posterior, inducida por la corriente eléctrica que genera el pulso de estimulación magnética

HIPÓTESIS

Debido a la falta de información previa a la realización del experimento acerca de la forma en que participa la corteza parietal posterior en la tarea de adaptación a prismas, se realizaron múltiples hipótesis en las que de manera general se buscaron diferencias a partir de las dos condiciones experimentales empleadas: la dirección del desplazamiento del prisma y lateralidad hemisférica selectiva de la corteza parietal posterior (estudiada experimentalmente mediante inactivaciones funcionales con EMT).

Ha: La inactivación de la corteza parietal posterior mediante estimulación magnética transcranial de pulso único produce un efecto en la distribución de la relación entre el número de ensayos y la distancia horizontal del punto registrado del toque de la pantalla al punto de aparición del objetivo durante la fase PRE.

En relación a la curva de adaptación:

H0: La inactivación de la corteza parietal posterior mediante estimulación magnética transcranial de pulso único no produce ningún efecto sobre la curva de adaptación.

H1: La inactivación de la corteza parietal posterior mediante estimulación magnética transcranial de pulso único contralateral al brazo que realice el movimiento produce un decremento en la curva de adaptación.

H2: La inactivación de la corteza parietal posterior mediante estimulación magnética transcranial de pulso único ipsilateral al brazo que realice el movimiento produce un decremento en la curva de adaptación.

H3: La inactivación de la corteza parietal posterior mediante estimulación magnética transcraneal de pulso único contralateral a la dirección del desplazamiento del prisma produce un decremento en la curva de adaptación.

H4: La inactivación de la corteza parietal posterior mediante estimulación magnética transcraneal de pulso único ipsilateral a la dirección del desplazamiento del prisma produce un decremento en la curva de adaptación.

En relación al postefecto:

H0: La inactivación de la corteza parietal posterior mediante estimulación magnética transcraneal de pulso único no produce ningún efecto en el postefecto.

H1: La inactivación de la corteza parietal posterior mediante estimulación magnética transcraneal de pulso único contralateral al brazo que realice el movimiento produce un decremento en el postefecto.

H2: La inactivación de la corteza parietal posterior mediante estimulación magnética transcraneal de pulso único ipsilateral al brazo que realice el movimiento produce un decremento en el postefecto.

H3: La inactivación de la corteza parietal posterior mediante estimulación magnética transcraneal de pulso único contralateral a la dirección del desplazamiento del prisma produce un decremento en el postefecto.

H4: La inactivación de la corteza parietal posterior mediante estimulación magnética transcraneal de pulso único ipsilateral a la dirección del desplazamiento del prisma produce un decremento en el postefecto.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para analizar diferencias significativas entre las curvas de adaptación de los diversos grupos y dada la cantidad de datos, primero se agruparon las curvas de adaptación promedio por grupo. Para esto, se obtuvo por cada grupo el promedio de cada movimiento de señalamiento de la fase de adaptación. Es decir, el promedio del primer movimiento de señalamiento de los 15 sujetos del grupo, seguido del promedio del segundo movimiento de señalamiento, seguido del promedio del tercero y así hasta llegar al promedio del movimiento 25 de la fase PRI. Una vez obtenidas las curvas de adaptación promedio, se hizo una comparación entre grupos mediante la prueba de Kruskal-Wallis de análisis de varianza de una vía por rangos. Para aislar al grupo o grupos que difirieron se realizó una comparación múltiple por pares mediante el método de Student-Newman-Kelus.

Así mismo, para determinar que dichas diferencias se debieran a una modificación de la información visual-motora y no a la acción de la estimulación magnética en algún otro sistema, se utilizó la prueba t de student, comparándose las distancias al blanco resultantes de los movimientos de señalamiento de la fase PRE con las resultantes de la fase PRE2.

Para evaluar diferencias significativas en el postefecto, se contrastaron grupo contra grupo mediante la prueba de t de Student.

Capítulo 4.

RESULTADOS

En el bloque con desplazamiento a la derecha, las curvas de adaptación de los grupos dc y dp4 difirieron significativamente con la curva del grupo dp3 ($p=0.001$), mostrando éste último un decremento en comparación con los otros dos grupos (figura 6).

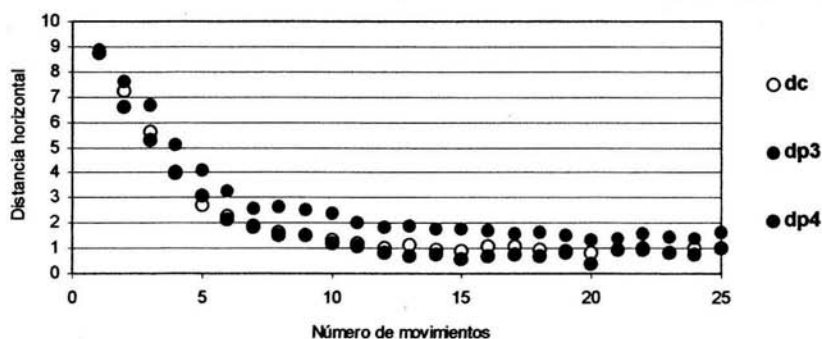


Figura 6. Curvas de adaptación promedio de los grupos que realizaron la prueba con desplazamiento visual hacia la derecha. Se encontraron diferencias significativas entre el grupo dp3 y los otros dos.

En el bloque con desplazamiento visual a la izquierda las curvas de adaptación de los grupos ic e ip3 difirieron significativamente con la curva del grupo ip4 ($p=0.001$), mostrando éste último un decremento en comparación con los otros dos grupos (figura 7).

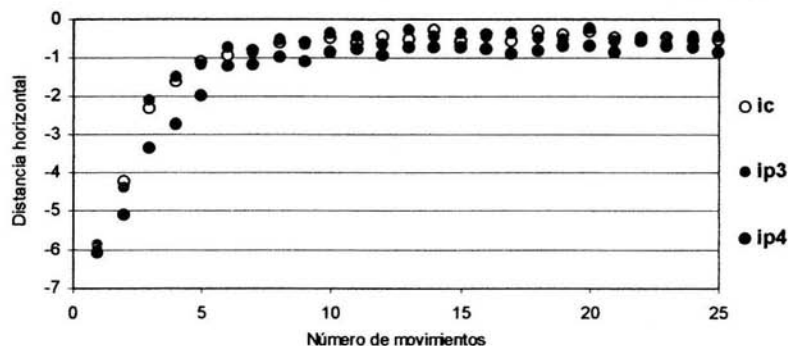


Figura 7. Curvas de adaptación promedio de los grupos que realizaron la prueba con desplazamiento visual hacia la izquierda. Se encontraron diferencias significativas entre el grupo el centro dp3 y los otros dos.

No hubo diferencias significativas entre las distancias al blanco resultantes de los movimientos de señalamiento de la fase PRE con las resultantes de la fase PRE2 ($p=0.05$).

Independientemente del bloque, ningún grupo mostró diferencias significativas en el postefecto ($p=0.05$).

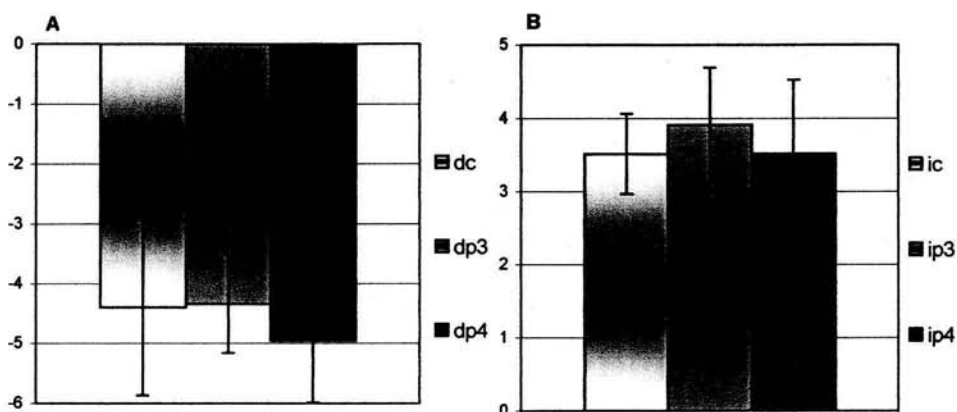


Figura 8. Postefecto. A Con desplazamiento del prisma a la derecha durante la fase PRI. **B** Desplazamiento del prisma a la derecha durante la fase PRI. No se encontraron diferencias significativas en ninguno de los casos.

Discusión

En el presente estudio se corroboró que la corteza parietal posterior está involucrada en el tarea de adaptación a prismas. Dicha adaptación fue modificada mediante pulsos de estimulación magnética transcranial que inhibieron funcionalmente a ésta área produciendo así un decremento.

En relación a la posible forma en la que la corteza parietal posterior interviene en el proceso de adaptación, se puede observar que es lateralizada selectivamente, pues sólo se obtuvieron diferencias en el hemisferio contralateral a la dirección del desplazamiento del prisma que al mismo tiempo puede interpretarse como ipsilateral a la dirección de la corrección motora. Estos hallazgos concuerdan con trabajos anteriores que señalan una

mayor activación ante estímulos contralaterales (Clower *et al*, 1996), pero son complementarios al mostrar que en la corteza parietal posterior los estímulos se procesan como un marco de integración entre los dos sistemas visual y motor, pero no son procesados de manera independiente, al ser integrados dentro de un marco visuomotor. Esto queda demostrado al presentarse diferencias en la realización de la tarea por parte de los diferentes grupos, indicando una actividad con lateralización hemisférica selectiva, que no sigue los principios de trabajo del sistema visual ni del motor: se presentan cambios de lateralización aunque no se presente un cambio en la posición espacial del estímulo visual; y a diferencia de la actividad de la corteza motora, la actividad se presenta en un hemisferio u otro a pesar de que sea el mismo efector.

Es importante el momento en que se provoca la interferencia del procesamiento en corteza, pues la estimulación magnética es dada una vez que el movimiento ha terminado, que es justo el momento en que el sujeto evalúa la coordinación entre sistemas. Como efecto de los prismas, el sujeto encontrará que los sistemas no están coordinados, y a partir de ésta información el sistema buscará compensar en el ensayo siguiente. Es decir, la estimulación es dada al momento de la retroalimentación visual-motora y podemos suponer que el papel de la CPP es el de integrar la información de los sistemas visual y motor dentro de un mismo marco de referencia para poder coordinarlos, al no poder funcionar correctamente la CPP, el sujeto presenta un decremento en la adaptación.

Finalmente, es importante señalar que la EMTp modificó la curva de adaptación pero no el postefecto, lo que nos refiere a que la magnitud del aprendizaje fue la misma

Capítulo 5

Conclusiones y Perspectivas

CONCLUSIONES

La corteza parietal posterior interviene en la tarea de adaptación a prismas, produciendo un decremento en la adaptación, con una lateralización hemisférica selectiva dependiente de la dirección en que se corrija. El punto es ¿cómo lo hace? Tomando en cuenta el momento en el que interviene (momento de la estimulación) aunado al hecho de que no haya diferencias entre los postefectos, nos sugiere que la CPP está involucrada en la integración de la información entre los sistemas visual y motor mediante una guía del sistema visual, pero sin participar en el aprendizaje. Debe tomarse en cuenta que la máxima diferencia entre grupos durante la fase PRI se presenta en los primeros movimientos, esto sugiere que en el sistema pueden estar involucradas una o más áreas además de la CPP, y que al no funcionar correctamente ésta, intervienen otras áreas. Esto se refuerza al suponer que trabaja de forma complementaria con los ganglios de la base, donde al presentarse una lesión en éstos, no se presenta cambios significativos durante la adaptación pero sí en el postefecto (Fernández-Ruiz *et al*, 2003).

Por otra parte, debe señalarse que las diferencias son significativas, pero aun así son mínimas, desconociéndose si ello se debe a la baja intensidad de estimulación, al momento de estimulación (en relación al pico de la actividad del área) o a características propias del sistema.

PERSPECTIVAS

Es necesario realizar futuros análisis que incluyan técnicas diferentes para poder delimitar el o los picos de actividad de la CPP en la tarea de adaptación a prismas, así como el determinar la contribución exacta de las subáreas que se han descrito en la corteza intraparietal (Cohen y Andersen 2002). Además, también es necesario elaborar nuevos modelos principalmente dirigidos en dos líneas, una que evalúe diferentes áreas y procesos involucrados directamente con la tarea de adaptación a prismas, ya que aun no es clara la forma en que interactúan la corteza parietal posterior y los ganglios de la base, y se conoce aun menos sobre la participación de cerebelo, además de que pueden estar implicadas muchas otras áreas mas. La segunda línea debe servir para evaluar la participación de la CPP en procesos diferentes y así delimitar las funciones de ésta área y las relaciones que guarda con otros sistemas. Lo anterior es especialmente importante ya que se conoce que ésta área está involucrada en diferentes tareas cognitivas, como son la aritmética, la lectura o la manipulación mental de imágenes visuales (Bizzi 2000).

BIBLIOGRAFÍA

1. Andersen, A., P. Batista, et al. (2000). Programming to Look and Reach in the Posterior Parietal Cortex. En: The new cognitive neuroscience. Editado por: Gazzaniga, M. S. Segunda edición. The MIT Press, Massachusetts: 515-524.
2. Astafiev, S.V., Shulam, G.L., Stanley, C.M., Snyder, A.Z., Van Essen, D.C. and Corbetta, M. 2003. Functional organization of human intraparietal and frontal cortex for attending, looking, and pointing. *Journal of Neuroscience*. 23 (11): 4689-4699.
3. Baddeley, A. (1997). Memoria Humana. Teoría y práctica. México. Ed. McGraw Hill.
4. Baizer, J.S. y Glicksetin, M. 1974. Proceedings: role of cerebellum in prism adaptation. *Journal of Physiology*. 236: 34P-35P
5. Baizer, J.S., Kralj-Hans, I. y Glicksetin, M. 1999. Cerebellar lesions and prism adaptation in macaque monkeys. *Journal of Neurophysiology*. 81: 1960-1965.
6. Bestmann, S., Thilo, K.V., Sauner, D., Seibner, H.R. y Rothwell, J.C. 2002. Parietal magnetic stimulation delays visuomotor mental rotation at increased processing demands. *Neuroimage*. 17: 1512-1520.
7. Bizzi (2000). The motor system. En: The new cognitive neuroscience. Editado por: Gazzaniga, M. S. Segunda edición. The MIT press, Massachusetts. pp. 485-500
8. Bossom, J. 1965. The effect of brain lesions on prism-adaptation in monkey. *Psy Sci*. 2: 45-46
9. Canavan, A.G., Passingham, R.E., Marsden, C.D., Quinn, N., Wyke, M. and Polkey, C.E. 1990. Prism adaptation and other tasks involving spatial abilities in patients with Parkinson's disease, patients with frontal lobe lesions and patients with unilateral temporal lobectomies. *Neuropsychologia*. 28: 969-984.
10. Clower, D.M, Hoffman, J.M., Votaw, J.R., Faber, T.L, Woods, R.P. y Alexander, G.E. 1996. Role of posterior parietal cortex in the recalibration of visually guided reaching. *Nature Neuroscience*. 383: 618-621.
11. Cohen, Y.E. and Andersen, R.A. 2002. A common reference frame for movement plans in the posterior parietal cortex. *Nature Review Neuroscience*. Jul. 3 (7): 553-562.
12. Colby, C. and C. Olson (2003). Spatial Cognition. En: Fundamental Neuroscience. Editado por: Squire, L., Bloom, F., McConnell, S., Roberts, J.L., Spitzer, N.C. y Zigmond, M.J. Segunda edición. Academic Press: pp 1229-1246.

13. Colby, C.L. and Goldberg, M.C. 1999. Space and attention in parietal cortex. *Annual Review of Neuroscience*. 22: 319-349.
14. Corkin, S. 2002. What's new with the amnesic patient H.M.? *Nature Reviews, Neuroscience*. 3: 153-160
15. Eichenbaum, H. B. (2003). *Learning and Memory: Brain Systems*. En: Fundamental Neuroscience. Editado por: Squire, L., Bloom, F., McConnell, S., Roberts, J.L., Spitzer, N.C. y Zigmond, M.J. Segunda edición. Academic Press: pp 1299-1326.
16. Fernandez E, Alfaro A, Tormos JM, Climent R, Martinez M, Vilanova H, Walsh V, Pascual-Leone A. 2002. Mapping of the human cortex using image-guided transcranial magnetic stimulation. *Brain Research Protocols*. 10(2): 115-124
17. Fernández-Ruiz, J. y Díaz R. 1999. Prism adaptation and aftereffect: Specifying the Properties of a procedural Memory System. *Learning and Memory*. 6: 47-53.
18. Fuster, J. M. (1995). *Memory in the cerebral cortex*. The MIT Press. Massachussets, E.UA.
19. Helmholtz, H., von (1962). *Helmholtz treatise on physiological optics*. Dover Press. New York, E.U.A. (Originalmente publicado en la Optical society of America)
20. Herwig U, Satrapi P, Schonfeldt-Lecuona C. 2003. Using the international 10-20 EEG system for positioning of transcranial magnetic stimulation. *Brain Topogr*. Winter; 16 (2): 95-9.
21. Jalinous, R. (año desconocido). *Mag Guide*. MagStim Corporation. Descargado del sitio <http://www.magstim.com/Documents.html> :pp1-59
22. Kobayashi, M. y Leone, P. 2003. Transcranial Magnetic Stimulation in Neurology. *The Lancet Neurology*. 2: 145-156.
23. Kornheiser, A.S. 1976. Adaptation to laterally displaced vision: A review. *Psychol. Bull.* 83: 783-816.
24. Martin, T.A., Keating, J.G., Goodkin, H.P., Bastian, A.J. y Thach, W.T. 1996. Throwing while looking through prisms. I. Focal olivocerebellar lesions impair prism adaptation. *Brain*. 119: 1183-1198
25. Meyer, BU, Roricht, S, Graffin von Einsiedel, H, Kruggel, F y Weindl, A. 1995 Inhibitory and excitatory interhemispheric transfers between motor cortical areas in normal humans and patients with abnormalities of the corpus callosum. *Brain*. 118: 429-440.
26. Scoville, W.B. y Milner, B. 1957. Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry*. 20:11-21
27. Squire, L. R. 1993. Declarative and non-declarative memory: multiple brain systems supporting learning and memory. En: Memory Concepts. Basic and Clinical Aspects. Editado por: Andersen, P., Hvalby, O., Paulsen, O. y Hökfelt, B. Dover Press, New York, N.Y. pp 3-25.

28. Squire, L.R. 1992. Declarative and non declarative memory: multiple brain systems supporting learning and memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 4: 232-243.
29. Squire, L.R. y Zola S.M. 1996. Structure and function of declarative and non declarative memory systems. *Proc Natl Acad Sci*. 26; 93 (24): 13515-13522
30. Stern, Y., Mayeux, R., Hermann, A. and Rosen, J. 1988. Prism adaptation in Parkinson's disease. *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry*. 51: 1584-1587.
31. Thompson, R.F. y Kim, J.J. 1996. Memory systems in the brain and localization of a memory. *Proc Natl Acad Sci*. 26; 93 (24): 13438-13444.
32. Tilkete, C., Rode G., Rossetti, Y., Pichon, J., Li, L. and Boisson, D. 2001. Prism adaptation to rightward optical deviation improves postural imbalance in left-hemiparetic patients. *Current Biology*. April; 11: 524-528.
33. Tulving, E. 1985. How many systems are there? *American Psychologist*. 40 (4): 385-398
34. Tulving, E. (1993). Human memory. En: Memory concepts. Basic and clinical aspects Editado por: Andersen, P., Hvalby, O., Paulsen, O. y Hökfelt, B. Dover Press, New York, NY. pp. 240-270
35. Tulving, E. (2000) Chapter VI: Memory. Introduction. En: The new cognitive neurosciences. de Gazzaniga, M. 2000. Segunda edición. The MIT press, Massachusetts: pp 727-732..
36. Van Donkelaar, P., Lee, J.H., y Drew, A. 2000. Transcranial Magnetic Stimulation Disrupts Eye-Hand interactions in posterior parietal cortex.
37. Walsh, V. y Pascual-Leone, A. (2002). Case Studies in Virtual Neuropsychology: Reversible lesions and magnetic brain stimulations. En: Virtual Lesions. Editado por: Lomber, S.G. y Galuske, A.W. Oxford University Press, New York, NY: pp. 249-284.
38. Walsh, V. y Cowey A. 2000. Transcranial magnetic stimulation and cognitive neuroscience. *Nature Neuroscience Reviews*. 1: 73-79
39. Weiner, M.J., Hallett, M. and Funkenstein, H.H. 1983. Adaptation to lateral displacement of vision in patients with lesions of the central nervous system. *Neurology*. 33: 766-772.
40. Zola-Morgan, S. and L. R. Squire (1993). Neuroanatomy of memory. *Annual Review of Neuroscience* 16: 547-63

Apéndice A

Carta de consentimiento informado para participar en el protocolo de investigación titulado:

“Participación de la corteza parietal posterior en la tarea de adaptación a prismas mediante estimulación magnética transcraneal”

He sido informado(a) que en el Departamento de Neurofisiología del Hospital ABC de México se realizan estudios de investigación para conocer más acerca de los aprendizajes de procedimiento.

He sido invitado(a) a participar en este protocolo de investigación que permitirá identificar características específicas de un tipo de aprendizaje visuomotor.

Estoy enterado(a) que mi participación en estos estudios es totalmente voluntaria y que todos los datos que se proporcionen serán confidenciales y sólo serán utilizados para los fines de la investigación.

Se me ha informado que durante el estudio se aplicará la prueba de adaptación a prismas.

Estoy informado que se utilizará Estimulación Magnética Transcraneal de pulso único (pTMS, por sus siglas en inglés) y en que consiste esta.

Entiendo que las pruebas no representan un daño para mi y que en el momento que así lo desee podré salir del estudio.

NOMBRE Y FIRMA DEL PARTICIPANTE

NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESIONAL
QUE APLICA LA PRUEBA

NOMBRE Y FIRMA DEL
INVESTIGADOR RESPONSABLE