

RESONANCIA MAGNÉTICA CEREBRAL FUNCIONAL EN LA EVALUACIÓN PREQUIRÚRGICA DE MALFORMACIONES VASCULARES

FUNCTIONAL MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN THE PRESURGICAL EVALUATION OF BRAIN VASCULAR MALFORMATIONS

Natalia Montes¹

Diego Alberto Herrera²

Sergio Alberto Vargas²

PALABRAS CLAVE (DeCS)

Malformaciones vasculares
Imagen por resonancia magnética
Arterias cerebrales

KEY WORDS (MeSH)

Vascular malformations
Magnetic resonance imaging
Cerebral arteries

RESUMEN

Objetivo: Describir la experiencia en la evaluación prequirúrgica de pacientes con malformaciones vasculares con resonancia magnética cerebral funcional (RMf). **Método:** Se evaluaron ocho pacientes con malformaciones vasculares cerebrales (siete malformaciones arteriovenosas [MAV] y una malformación cavernosa) remitidos para mapeo prequirúrgico de la corteza elocuente con RMf. Se usó una técnica dependiente de la concentración de oxígeno (BOLD) para localizar estas zonas en relación con la malformación vascular cerebral, aplicando diferentes paradigmas. **Resultados:** Se encontró una MAV en el lóbulo mesotemporal derecho, con representación de la memoria visoespacial en el hipocampo y parahipocampo contralesionales; una MAV temporal posterior izquierda con activación contralateral exclusiva del área de Wernicke; una MAV parietal izquierda sin afectación de la corteza sensoriomotora; una malformación cavernosa en la circunvolución angular izquierda con dominancia hemisférica del lenguaje en ese lado; una MAV talámica derecha sin daño en la corteza elocuente; una MAV periventricular izquierda con patrón de equidominancia del lenguaje; una MAV pequeña occipital izquierda con activación normal en la corteza visual primaria y disminución en la activación de la corteza de asociación visual del lado izquierdo donde se encuentra la lesión, y una MAV temporo-occipital con dominancia hemisférica izquierda y desacople neurovascular. **Conclusión:** La RMf puede delinear anatómicamente la relación entre la lesión y la corteza elocuente y brindar información que facilita la planeación quirúrgica, incluida la estimación del riesgo de la intervención.

SUMMARY

Objective: To describe our experience in presurgical evaluation of intracranial vascular malformations by means of functional magnetic resonance (fMRI). **Method:** To evaluate eight patients with cerebral vascular malformations (seven arterio-venous malformation [AVM] and one cavernous malformation) to send to the eloquent cortex with RMf pre-

¹ Radióloga. Fellow de Neurorradiología. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

² Neurorradiólogo del Centro Avanzado de Diagnóstico Médico (Cedimed) y de la Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

surgical mapping is assessed. Used a technique that is dependent on the level of oxygen (BOLD) to locate these areas in the cerebral vascular malformation, by applying different paradigms. *Results:* We found one AVM at the right temporal lobe with activation of the parahippocampal gyrus at the contralateral side using a memory paradigm; another patient with an AVM at the right mesotemporal lobe showed activation of visual and spatial memory of the contralateral hippocampus and parahippocampus. One patient with an AVM at the left parietal lobe without compromise of sensorial and motor cortex; a cavernous malformation at the left angular gyrus with hemispheric language dominance in that side; one right thalamic AVM, one periventricular AVM bilateral language dominance; one left occipital AVM with decreased activation in visual association cortex; one temporoccipital AVM with left language dominance and neurovascular uncoupling. *Conclusion:* fMRI can delineate anatomically the relationship between the lesion and eloquent cortex, providing useful information for presurgical planning and allowing risk estimation of intervention.

Introducción

La localización de la corteza elocuente es difícil aun utilizando imágenes multiplanares en la resonancia magnética (RM). La distorsión y el desplazamiento de esa zona pueden ocurrir en lesiones congénitas como las malformaciones cerebrovasculares (1). El mapeo con resonancia magnética funcional (RMf), dependiente de la cantidad de oxígeno sanguíneo (técnica BOLD), ha ganado rápida aceptación como parte del proceso de planeación terapéutica en pacientes considerados candidatos para tratamiento quirúrgico, endovascular o radiocirugía. Esta técnica se fundamenta en el incremento local de la concentración de oxihemoglobina (molécula con propiedades paramagnéticas) en la vasculatura cerebral, que ocurre como resultado del aumento de la tasa de flujo y volumen sanguíneo en la corteza bajo estimulación (1,2).

El mapeo de la función cerebral en áreas adyacentes a la lesión puede realizarse usando métodos intra o preoperatorios, entre ellos la RMf, como alternativa, por ejemplo, la tomografía con emisión de positrones (3), la magnetoencefalografía (4,5), la electrocorticografía y el test de Wada (1,6,7). Si bien estos procedimientos, especialmente la RMf, indican de manera muy precisa la localización de las diferentes funciones cerebrales, no ofrecen datos acerca del curso temporal de las activaciones y, por lo tanto, de la organización de las redes neurales que respaldan cada función (4,5).

La RMf facilita la planeación terapéutica, al definir la relación entre la lesión vascular y la corteza funcional, antes de la resección quirúrgica o exclusión endovascular, y así prevenir el déficit clínico (8). El mapeo del lenguaje es fundamental en estas lesiones, pues las malformaciones cerebrovasculares pueden ser congénitas y pueden llevar a la reorganización de áreas funcionales (6,9).

El objetivo de este estudio fue describir la experiencia inicial en la localización de la corteza elocuente con RMf, a fin de establecer su relación con malformaciones cerebrales vasculares

y determinar su importancia en la planeación prequirúrgica. Se presenta una serie de pacientes para ilustrar la utilidad del método.

Pacientes y métodos

Se revisaron las historias clínicas de pacientes con diagnóstico de malformación vascular cerebral remitidos para la realización de RMf entre marzo del 2007 y diciembre del 2008, para evaluar la relación de la lesión con áreas funcionales corticales. Nueve pacientes (cinco mujeres y cuatro hombres), en un rango de edad entre 17 y 50 años, se incluyeron en el estudio (tabla 1). Esta revisión retrospectiva fue aprobada por el Comité de Ética de la institución. Se analizó la localización, el tipo, morfología de la malformación vascular (10) y su relación con las estructuras anatómicas y funcionales adyacentes.

Con un resonador Avanto (Siemens, Erlangen, Alemania) de 1,5 T se adquirió una secuencia T1 de tipo *magnetization-prepared rapid gradient echo* (MP-RAGE) en 20 voluntarios sanos, en el plano sagital, con un FOV = 240, matrix = 192×192, resolución = 1,3×1,3×1,3 mm, TR = 1.670 ms, TE = 3,6 ms, *flip angle* = 8°, TI = 1.000 ms, promedios = 2, concatenaciones = 1, cortes = 128, sobremedida de cortes = 25%, factor de distancia = 50%, *Bandwith* = 180 Hz/Px, duración: 4'39''.

Para la imagen funcional se utilizó una secuencia ecoplanar gradiente de eco T2* (TR = 3.000 ms, TE = 50 ms; matrix = 64×64; tamaño de voxel = 3×3×3 mm), TR 3.000 ms con adquisición continua (tabla 2). Las imágenes funcionales se adquirieron siguiendo un diseño en bloques, entre éstos series alternantes cada 30 s entre un estado basal y activo. Los paradigmas utilizados (tabla 3) consistieron en movimientos alternantes de abrir y cerrar la mano para obtener activación de la corteza sensoriomotora, generación de verbos para evaluar la función del lenguaje, test de Roland modificado para evaluar la memoria visuoespacial (11), abrir/cerrar los ojos para obtener activación visual y un paradigma en estado de apnea (*breath-hold*).

Tabla 1. Pacientes con malformaciones vasculares cerebrales evaluados prequirúrgicamente con RMf (Medellín, Colombia, 2007-2008)

Nº	Sexo / Edad	Lateralidad	Manifestación clínica	Malformación	Paradigma	Interpretación RMf	Resultado tratamiento
1	M/18 años	Diestro	Convulsiones	MAV mesotemporal derecha	Memoria	Activación exclusiva hipocampal y parahipocampal izquierda	Embolización sin complicación
2	F/50 años	Diestro	Sangrado previo, cefalea	MAV temporal izquierda	Lenguaje (generación de verbos)	Dominancia mixta (áreas de Broca izquierda y Wernicke derecha)	Resección, leve disfasia posquirúrgica con recuperación completa
3	M/39 años	Diestro	Cefalea	MAV parietal izquierda	Motor mano derecha	Activación no desplazada en circunvoluciones pre y poscentral izquierdos (corteza sensorimotora)	Embolización, sin complicación
4	F / 36 años	Diestro	Convulsiones	Malformación cavernosa temporal izquierda	Lenguaje (generación de verbos)	Dominancia izquierda del lenguaje, lesión dentro del área de Wernicke	No intervenida
5	F/17 años	Diestro	Sangrado, hemiparesia izquierda	MAV talámica derecha	Motor mano izquierda	Activación no desplazada en circunvolución precentral derecho	Embolización, sin complicación
6	F/19 años	Diestro	Sangrado, hemiparesia derecha, disfasia	MAV corona radiada y centro semioval izquierdo	Lenguaje y Motor mano derecha	Equidominancia del lenguaje, activación no desplazada en corteza sensorimotora	Embolización, sin complicación
7	M/38 años	Diestro	Crisis parciales con componente visual	MAV occipital izquierda	Visual (abrir y cerrar los ojos)	Disminución de la activación en área de asociación visual izquierda	Pendiente de embolización
8	F/12 años	Diestro	Hematoma intraparenquimatoso. No déficit motor	MAV temporooccipital izquierda	Lenguaje (completar frases) y <i>breath-hold</i> (ciclo de apnea y respiración)	Dominancia hemisférica izquierda del lenguaje y desacople neurovascular	Embolización en un 50% y pendiente radiocirugía

Tabla 2. Técnica de adquisición

Parámetro	Secuencia anatómica	Secuencia funcional
Equipo	Resonador Avanto Siemens 1,5 T	Resonador Avanto Siemens 1,5 T
Secuencias	T1 MP-RAGE	Ecoplanar T2*
FOV	240	192
Matrix	192x192	64x64
Resolución	1,3x1,3x1,3 mm	3x3x3 mm
Tiempo de repetición (TR)	1.670 ms	3.000 ms
Tiempo de Eco (TE)	3,6 ms	50 ms
Flip Angle (grados)	8	90
T1	1.000 ms	...
Promedios	2	1
Concatenaciones	1	1
Cortes	128	32
Factor de distancia	50%	30%
Bandwith	180 Hz/Px	1736 Hz/Px
Duración	4 minutos 39 segundos	5 minutos

Tabla 3. Paradigmas: diseños en bloques

Paradigmas	Estado basal	Estado activo
Motor	10 <i>scan off</i>	10 <i>scan on</i>
Número de ciclos	3	3
Duración	3 minutos	
Dummy	Se descartó el primer ciclo para eliminar efecto T1	
Tarea	Inmovilidad	Movimientos alternantes de los dedos
Generación de verbos	10 <i>scan off</i>	10 <i>scan on</i>
Número de ciclos	5	
Duración	5 minutos	
Dummy	Se descartó el primer ciclo para eliminar efecto T1	
Tarea	Estímulo auditivo alternante de alta y baja frecuencia	Sustantivos cada 3 s en forma auditiva y el paciente piensa un verbo relacionado (10 sustantivos por ciclo)
Memoria	10 <i>scan off</i>	10 <i>scan on</i>
Número de ciclos	5	
Duración	5 minutos	
Dummy	Se descartó el primer ciclo para eliminar efecto T1	
Tarea	Conteo silencioso de números impares	Navegación mental por un sitio conocido en cada ciclo de actividad (total: 5 lugares)
Breath-hold	15 <i>scan off</i>	15 <i>scan on</i>
Número de ciclos	4	
Duración	4 minutos	
Dummy	Se descartó el primer ciclo para eliminar efecto T1	
Tarea	Respiración normal	Apnea
Visual	10 <i>scan off</i>	10 <i>scan on</i>
Número de ciclos	4	
Duración	4 minutos	
Dummy	Se descartó el primer ciclo para eliminar efecto T1	
Tarea	Ojos cerrados	Ojos abiertos

La tarea utilizada para evaluar la memoria fue explicada detalladamente antes de realizar el examen. La información es proporcionada por el mismo paciente a cerca de cinco recorridos realizados por el sujeto normalmente y durante la adquisición del examen se le dice que navegue mentalmente por la ruta e imagine cada detalle. La tarea en estado basal fue contar mentalmente números impares (11). También se realizó un posproceso *offline*, donde las imágenes adquiridas de los diferentes paradigmas y series anatómicas fueron transmitidas en formato DICOM. Se realizó normalización espacial de las imágenes utilizando el algoritmo descrito por Friston y colaboradores (12).

La correlación de umbrales para cada pixel se estableció con una probabilidad de 0,001 (13). Posteriormente se realizó el corregistro de imágenes anatómicas con funcionales, la normalización del juego de datos a la plantilla del Instituto Neurológico de Montreal (plantilla ICBM 152), la segmentación de imágenes anatómicas y el suavizado de imágenes funcionales con un Kernel gaussiano de $6 \times 6 \times 6$. Para cada paradigma se descartó el primer ciclo de adquisición para eliminar los efectos dependientes del T1 en una serie EPI T2.

Luego de la preparación de las imágenes EPI (suavizado espacial y corrección de movimiento), se aplicó el modelo lineal GLM con el diseño de los bloques, la generación de la prueba t y los mapas paramétricos de Z y posteriormente la alineación con las imágenes anatómicas y todo el atlas MNI. Los efectos de variación local o regional en la señal y la filtración de los elementos de ruido fueron orientados con un suavizador espacial de los datos de la imagen durante los pasos de realineación, con el fin de preparar las imágenes funcionales para el proceso estadístico (12).

Finalmente los investigadores seleccionaron unas regiones de interés (ROI) mediante la interfaz gráfica del programa WFU_PickAtlas, ejecutado bajo SPM5 y Matlab 7.0. Este *software* provee un método para generar máscaras de ROI basados en la base de datos de Talairach Daemon, siguiendo la metodología descrita y validada por Lancaster y colaboradores (14). Los atlas incluyen áreas de Brodmann, lóbulos, hemisferios y diversas etiquetas anatómicas. Las imágenes funcionales se fusionaron con las anatómicas para ser interpretadas por dos neurorradiólogos (DAH y SAV).

Resultados

Paciente 1: malformación arteriovenosa temporal derecha

El caso corresponde a un joven de 18 años de edad, quien consultó por un primer episodio convulsivo y cefalea. Se le realizó una tomografía contrastada de cráneo, donde se encontró una lesión hipervasculada en la porción medial del lóbulo temporal derecho. La arteriografía por catéter evidenció una malformación arteriovenosa (MAV) de 6 cm en el lóbulo temporal derecho, nutrida principalmente por ramas de la arteria comunicante posterior, con drenaje venoso profundo y superficial (figura 1). Se le tomó una RMf con paradigma de memoria y se encontró activación exclusiva contralesional en la circunvolución pa-

rahipocampal y en el hipocampo izquierdos. Se realizaron tres sesiones de embolización con Onyx, a fin de ocluir la lesión en un 70%. El paciente no presentó ningún déficit luego de los procedimientos.

Paciente 2: malformación arteriovenosa temporal izquierda

Este caso corresponde a una mujer de 50 años de edad con antecedente de sangrado antiguo por MAV temporal izquierda y cuatro años de evolución de cefalea. Se le realizó una RMf como evaluación prequirúrgica. Utilizando un paradigma de generación de verbos, se encontró activación predominante de la circunvolución frontal inferior izquierda (área de Broca) y activación exclusiva del área de Wernicke, en el lóbulo temporal derecho (figura 2). Ello configura un patrón mixto de dominancia del lenguaje. La paciente fue intervenida quirúrgicamente, pero en el postoperatorio inmediato quedó con una leve disfasia. Posteriormente tuvo una recuperación completa.

Paciente 3: malformación arteriovenosa parietal izquierda

En este caso, a un hombre de 39 años de edad, con cefalea y diagnóstico de MAV parietal izquierda, se le realizó una RMf para evaluar el área motora. En ésta se utilizó un paradigma consistente en movimientos alternantes de abrir/cerrar la mano derecha, del cual se obtuvo una activación en la circunvolución precentral izquierda hacia la porción sigmoidea. La MAV no afectaba la corteza sensoriomotora (figura 3), pero se embolizó a fin de ocluirle en un 90% la malformación, sin producir ningún déficit neurológico.

Paciente 4: malformación cavernosa temporal izquierda

En los últimos tres años, a una mujer de 36 años de edad con síndrome convulsivo desde los 20 años, las crisis se le tornaron refractarias al tratamiento médico, por lo cual se le tomó una RM cerebral que encontró una malformación cavernosa que afectaba la parte anterior y subcortical de la circunvolución angular izquierda. Se aplicó un paradigma de generación de verbos que mostró dominancia hemisférica izquierda del lenguaje, pues hubo activación en el área de Broca, predominantemente en ese lado. Al evaluar el área receptora del lenguaje (Wernicke), se visualizó activación en las circunvoluciones transversa, temporal superior y supramarginal, que circundaban la malformación cavernosa (figura 4).

Paciente 5: malformación arterial venosa talámica derecha

Este es el caso de una joven de 17 años de edad con antecedente de hemorragia cerebral por MAV talámica derecha, con hemiparesia moderada izquierda como secuela. Se le realizó una RMf para evaluar el área motora (figura 5). La MAV producía el déficit motor por efecto compresivo del hematoma residual sobre el tracto corticoespinal en el brazo posterior de la cápsula interna derecha. En la RMf se utilizó un paradigma motor con movimientos alternantes de abrir/cerrar la mano izquierda, del

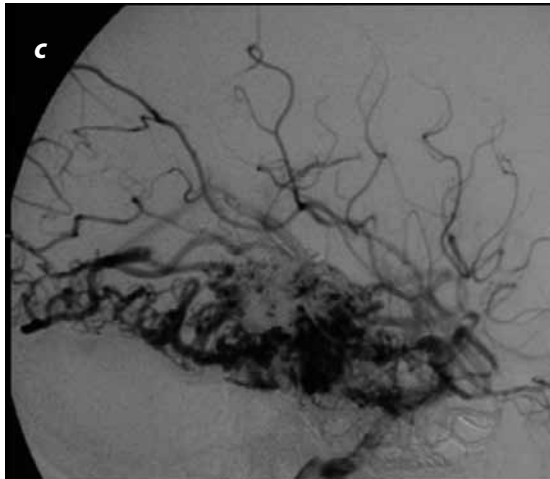
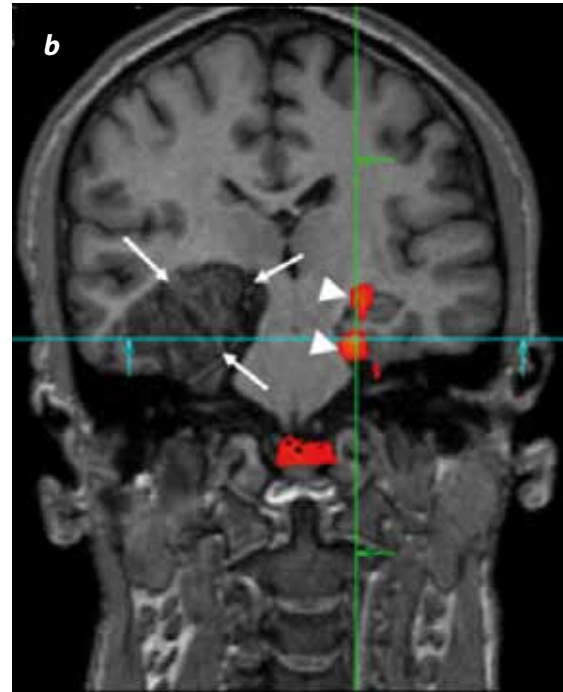


Figura 1. (a) Proyección lateral de la arteriografía previa a la embolización, donde se observa una MAV (flechas blancas) con dilatación de la arteria comunicante posterior derecha que nutre la lesión. (b) En la RMf, en el corte coronal, se observa activación del hipocampo y parahipocampo izquierdos (cabezas de flechas), contrario al lado donde se encuentra la lesión (flechas blancas). (c) Imagen de arteriografía en una proyección lateral, posterior a la tercera embolización donde se ocluyó un 70% de la lesión.

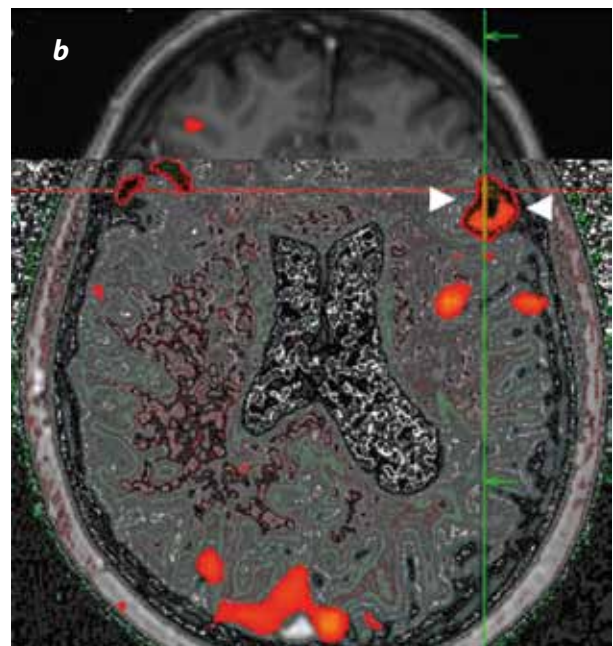
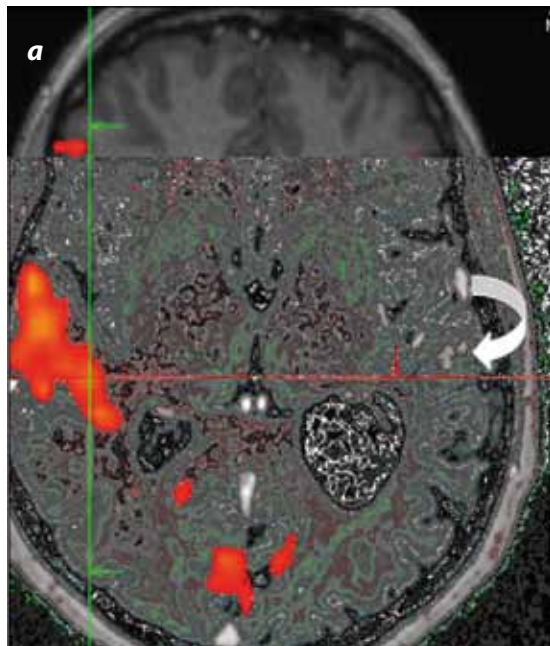


Figura 2. (a) Imagen axial de RMf en un paciente con MAV temporal izquierda (flecha curva) donde se usó un paradigma de generación de verbos. Se encontró activación del área de Wernicke exclusivamente en el hemisferio derecho (flechas rectas). (b) Activación predominante frontal izquierda (área de Broca) (cabezas de flechas).

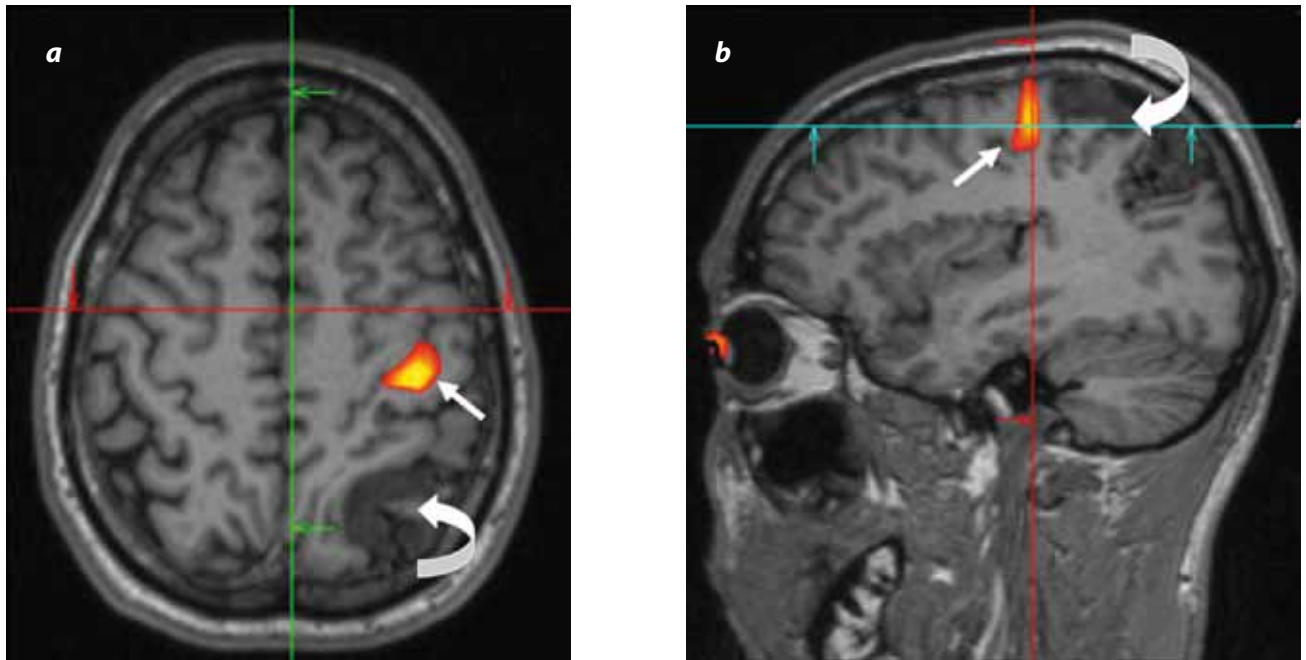


Figura 3. Paradigma motor: (a) Imagen axial de RMf. (b) Imagen sagital de RMf. Paciente con MAV parietal izquierda (flecha curva) con activación en la circunvolución precentral izquierda (flechas rectas), sin afectar la corteza sensorimotora.

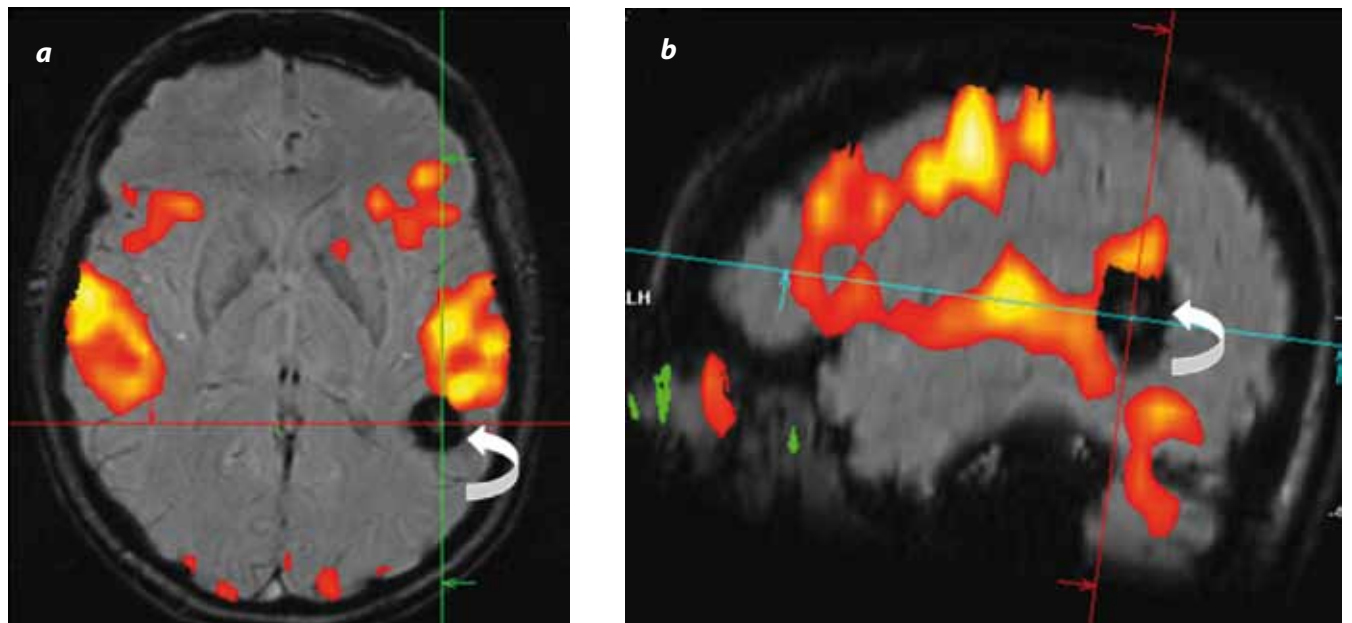


Figura 4. Paciente con malformación cavernosa temporal izquierda (flechas curvas) y dominancia hemisférica del lenguaje ipsilateral, dado que la activación frontal inferior izquierda fue mayor. Se observa cómo la zona de activación está en contacto con la lesión. (a) Corte axial de fusión de imágenes de susceptibilidad (SWI) y RMf del lenguaje. (b) Corte sagital de fusión de SWI y RMf del lenguaje.

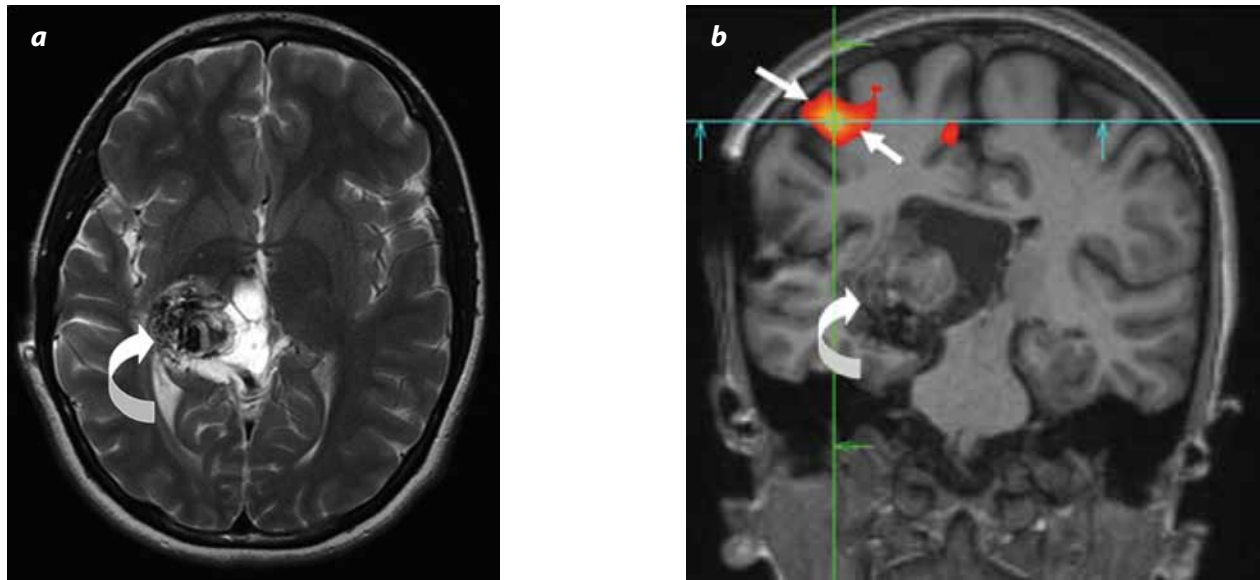


Figura 5. Paciente con MAV talámica derecha (flecha curva). (a) Imagen con información del T2 axial. (b) Imagen coronal de RMf motora de la mano izquierda, que muestra la relación entre la lesión y la corteza activada (flechas rectas).

cual se obtuvo una activación en la circunvolución precentral derecha. Se le realizó una embolización que ocluyó en un 70% la malformación, sin producir ningún déficit neurológico.

Paciente 6: malformación arterial venosa periventricular izquierda

Este caso corresponde a una mujer de 19 años de edad con antecedente de sangrado de MAV en la corona radiada y centro semioval izquierdo, con hemiparesia moderada izquierda y disfasia conductiva como secuelas. La MAV producía el déficit motor por lesión del tracto corticoespinal y el trastorno del lenguaje por daño en el fascículo arqueado. En la RMf se utilizó

un paradigma motor con movimientos alternantes de abrir/cerrar la mano derecha. Se obtuvo la activación en ambas cortezas sensoriomotoras, de predominio en el lado izquierdo. La activación bilateral fue secundaria a la incapacidad de la paciente de mantener inmóvil la mano izquierda durante la prueba, respuesta involuntaria promovida por el esfuerzo requerido para mover la extremidad parética. La RMf del lenguaje con un paradigma de generación de verbos no mostró diferencia significativa en la activación frontal entre ambos hemisferios, lo que sugiere equidominancia (figura 6). Se realizó una embolización que le ocluyó en un 95% la malformación, sin producir ningún déficit neurológico.

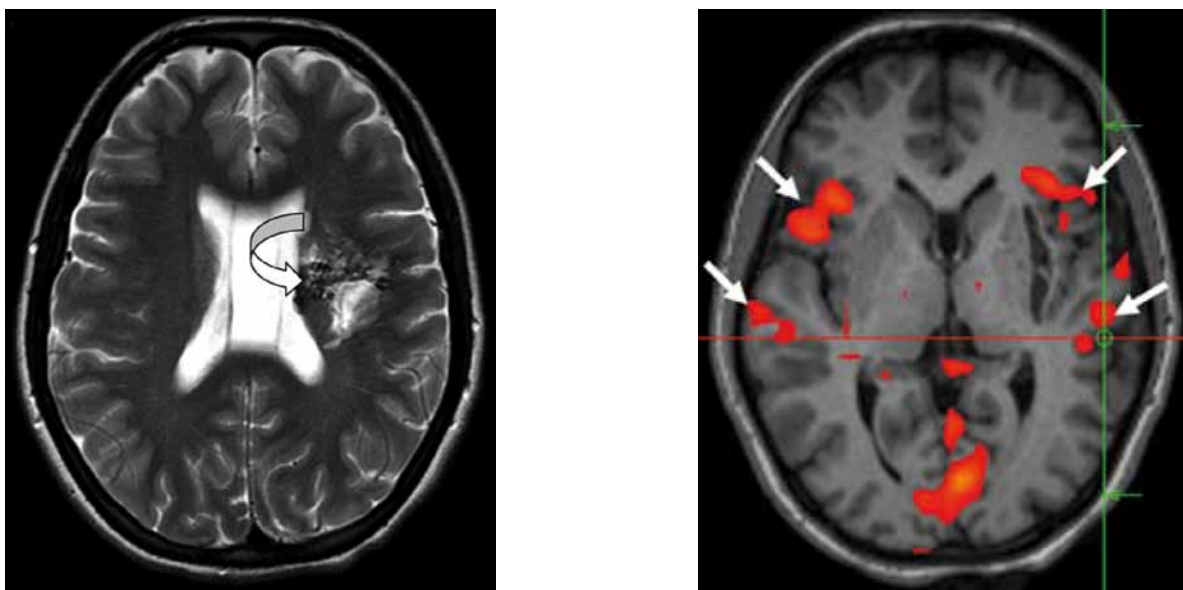


Figura 6. Paciente con MAV (flecha curva) que afectaba la sustancia blanca periventricular y la región perinsular en el lado izquierdo. (a) Imagen axial con información del T2. (b) Imagen axial de RMf que muestra un patrón de equidominancia para la función del lenguaje, con activación simétrica frontal (área de Broca) y temporal (auditiva) (flechas rectas).

Paciente 7: malformación arterial venosa occipital izquierda

En ese caso, un hombre de 38 años de edad, con crisis parciales con componente visual dado por alucinaciones simples. La RM mostró una pequeña MAV occipital izquierda (figura 7). Se le aplicó un paradigma visual de abrir/cerrar los ojos con un diseño en bloques y se encontró activación normal en la corteza visual primaria y disminución en la activación de la corteza de asociación visual del lado izquierdo, donde se encuentra la lesión. Está pendiente de tratamiento endovascular.

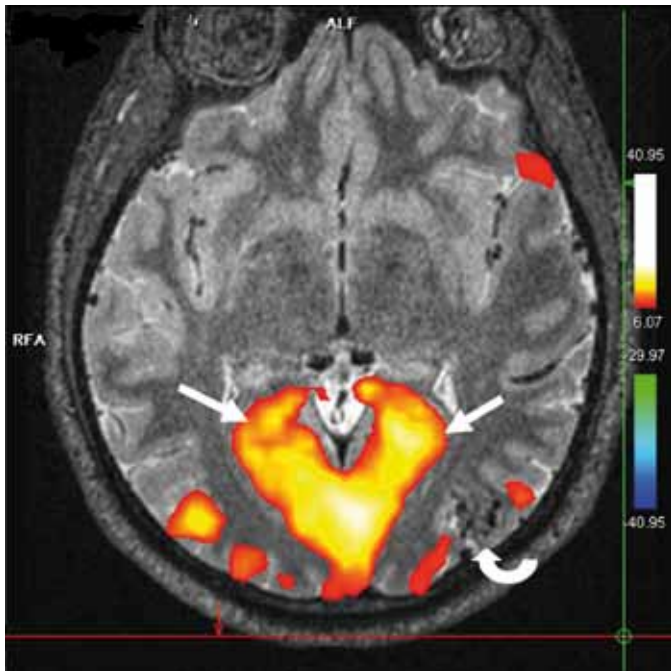


Figura 7. En la imagen axial con información del T2 se evidencia una MAV pial (flecha curva) en el lóbulo occipital izquierdo. Mediante un paradigma de RMf visual se mostró la activación normal en la corteza visual primaria (flechas) y la disminución en la activación de la corteza de asociación visual del lado izquierdo donde se encuentra la lesión.

Paciente 8: malformación arterial venosa temporooccipital izquierda

El caso corresponde a una adolescente de 12 años de edad con antecedente de hematoma intraparenquimatoso por sangrado de una MAV temporooccipital izquierda (figura 8a), sin déficit neurológico. En la RMf se aplicó un paradigma del lenguaje consistente en completar frases y se encontró activación del área de Broca en el lado izquierdo. Igualmente, se le realizó un paradigma para evaluar la reactividad cerebro-vascular (*breath-hold*) con ciclos de respiración normal y ciclos de apneas de 20 segundos, donde se observó un desacople neurovascular en el sitio de la malformación (figura 8b). Posteriormente, a esta paciente se le realizó una embolización de un 50% de la malformación y tiene pendiente radiocirugía.

Discusión

El tejido cerebral elocuente puede estar en riesgo durante el tratamiento de las malformaciones vasculares. Se requiere

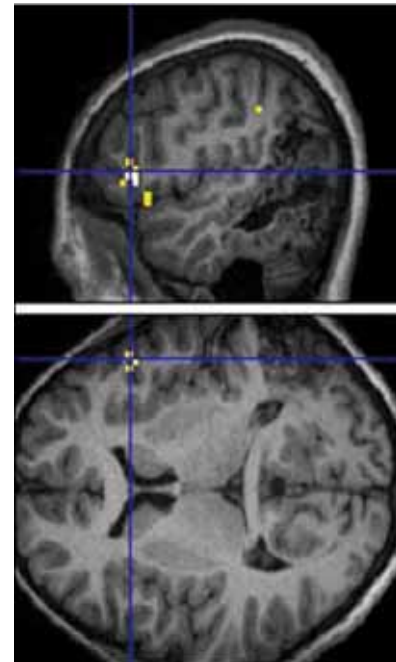


Figura 8a. En las imágenes axial y sagital se observa una MAV temporooccipital izquierda. En la aplicación del paradigma del lenguaje se evidenció activación del área de Broca en el lado izquierdo. Se utilizó un Family Wise Error con una p corregida de 0,05.

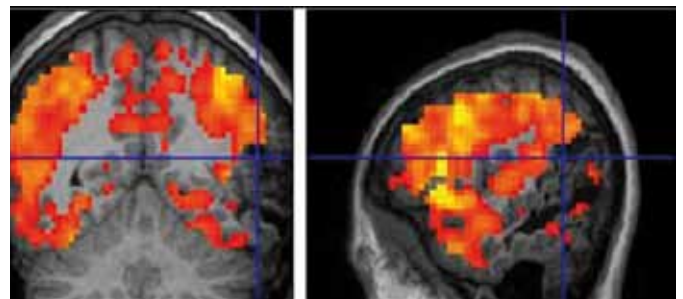


Figura 8b. Imágenes axial y sagital usando un paradigma *breath-hold*, donde se observó un desacople neurovascular en el sitio de la malformación.

conocer la relación entre la lesión y los territorios cerebrales elocuentes para un adecuado balance del beneficio de la obliteración de la malformación contra el riesgo de secuelas neurológicas (1,15).

La RM brinda un excelente detalle anatómico y permite una razonable aproximación a fin de establecer la localización de áreas elocuentes dentro del cerebro normal; sin embargo, las imágenes convencionales no proveen información directa acerca de las zonas funcionales y puede ser errónea la localización, especialmente en pacientes con masas intracraneanas, donde hay distorsión anatómica. Este problema también se presenta en malformaciones vasculares, donde se pueden dar fenómenos de reorganización cortical durante el desarrollo (1). Este potencial cambio en la estructura de las redes neurales hace que sea fundamental determinar la localización anatómica precisa de la corteza elocuente antes de una intervención (15). Ejemplo de esto es la representación de la memoria visuoespacial exclusivamente en

el hemisferio contralesional en uno de nuestros pacientes con una MAV mesotemporal derecha, que no presentó ningún déficit luego de tres embolizaciones (figura 1).

Se ha aceptado que la RMf no reemplaza la estimulación electrocortical intraoperatoria; sin embargo, es un método útil en la planeación y el mapeo prequirúrgico, pues reduce la duración y la extensión de la craneotomía (16,17). El establecimiento de la dominancia hemisférica del lenguaje con RMf tiene una gran concordancia con el test de Wada (18), con las ventajas de ser una técnica no invasiva y de brindar información adicional de la relación espacial entre el área del lenguaje y la lesión (19). En este estudio se usó un método cualitativo para establecer la lateralización del lenguaje en los pacientes del estudio y definir el lado dominante como aquel en que se observó mayor activación frontal inferior (área de Broca). Esta modalidad de interpretación ha sido descrita previamente con una buena concordancia entre diferentes evaluadores (19).

En los pacientes analizados se encontraron tres patrones de activación: dominancia izquierda del lenguaje (pacientes 4 y 8), dominancia mixta (paciente 2) y equidominancia (paciente 6). Estos tipos de respuesta ante los paradigmas del lenguaje en RMf ya han sido descritos (20). No encontramos en los pacientes del estudio un cuarto patrón, atípico, descrito como dominancia derecha del lenguaje, donde el área de Broca se localiza en el lóbulo frontal derecho (19,20).

Además de la reorganización del lenguaje que ocurre en los pacientes con malformaciones vasculares, también ocurren anomalías en el flujo sanguíneo, como el fenómeno de robo sanguíneo, con una retroalimentación retrógrada del territorio distal, lo cual puede interferir en los cambios de intensidad de señal en las imágenes de RMf, con la técnica BOLD (6). Este método de RMf detecta pequeños cambios en las propiedades magnéticas de la sangre, causados por respuestas metabólicas y vasculares de la actividad neuronal (9). En un estudio se determinó que las anomalías del flujo sanguíneo asociadas con estas malformaciones alteran la lateralización del lenguaje en RMf (6).

Este efecto podría explicar el déficit posquirúrgico (disfasia) que presentó uno de los pacientes del estudio, luego de la resección de una MAV temporal izquierda con representación exclusiva del área de Wernicke en el lado derecho, según el estudio de RMf (figura 2). Para evitar errores en la interpretación de las áreas de activación es necesario evaluar si existe desacople neurovascular con paradigmas *breath-hold* o estado de apnea (figura 8b) (21).

Vates y colaboradores (15) analizaron retrospectivamente 30 pacientes con malformaciones vasculares para mirar la afectación de la corteza primaria motora o sensitiva y encontraron cambios en la topografía de la función cortical en más de una tercera parte de las malformaciones (15). En los pacientes del estudio no encontramos desplazamiento de la representación del área motora; sin embargo, las malformaciones vasculares tenían en todos los casos un plano de separación entre la lesión y la corteza elocuente para esa función.

En cuanto a la evaluación de la corteza visual, el test de organización visual de Hooper comúnmente se aplica como instrumento de tamizaje para evaluar la afectación neurológica, con una buena sensibilidad para la habilidad de organización visual y visuoespacial, el cual es un proceso cognitivo multifactorial que incluye rotación mental, memoria visual, identificación de objetos y recuerdo de nombres. Este test se ha adaptado a paradigmas en la RMf, el cual consiste en líneas que dibujan un objeto simple, cortado en dos o cuatro piezas, y es presentado al paciente, seguido por una única palabra que nombra el objeto mostrado y el paciente debe responder si es correcto o no.

Por la naturaleza compleja y multifactorial de la tarea, múltiples regiones están implicadas y muestran respuesta en ambos lóbulos, de predominio occipital y lóbulo parietal derecho (22). Nolan y colaboradores (23) estudiaron a 40 niños bajo sedación con RMf, para mapear áreas de activación usando tareas visuales y auditivas pasivas, con *flash* de luz de 8 HZ y la voz de la madre pregrabada. Se evaluó la activación de la corteza auditiva y visual y se encontró en la primera activación temporal y frontal, y en la última, valores negativos en la región rostral (23). En el paciente con una MAV occipital izquierda se aplicó un paradigma visual de abrir/cerrar los ojos con un diseño en bloques y se halló una activación normal en la corteza visual primaria y disminución en la activación de la corteza de asociación visual del lado izquierdo donde se encuentra la lesión (figura 7).

Conclusión

En los pacientes presentados se describió el uso de la RMf en malformaciones vasculares, donde se muestran actividades complejas de la corteza cerebral en uno o ambos hemisferios, dependiendo del paradigma usado y su relación con la lesión. Ello aporta información útil para la planeación del tratamiento. Una de las limitaciones del estudio fue que los datos de la RMf no fueron validados por otra técnica invasiva o no invasiva. Este es un reporte preliminar para describir el uso del método en pacientes con este tipo de anomalía. Es necesario correlacionar la RMf con otras técnicas de mapeo funcional y así determinar su papel en el tratamiento de las malformaciones vasculares cerebrales.

Referencias

1. Latchaw RE, Hu X, Ugurbil K, Hall WA, Madison MT, Heros RC. Functional magnetic resonance imaging as a management tool for cerebral arteriovenous malformations. *Neurosurgery*. 1995;37(4):619-26.
2. Thickbroom GW, Byrnes ML, Morris IT, Fallon MJ, Knuckey NW, Mastaglia FL. Functional MRI near vascular anomalies: comparison of cavernoma and arteriovenous malformation. *J Clin Neurosci*. 2004;11(8):845-8.
3. Fernández-Melo R, López-Flores G, Cruz-García O, Jordan-González J, Felipe-Morán A, Benavides-Barbosa J, et al. Diagnóstico de las malformaciones arteriovenosas cerebrales. *Rev Neurol*. 2003;37(9):870-8.

4. Del Río D, Santiuste M, Capilla A, Maestú F, Campo P, Fernández-Lucas A, et al. Bases neurológicas del Lenguaje. Aportaciones desde la magnetoencefalografía. *Rev Neurol.* 2005;41(Supl 1):S109-14.
5. Ortiz T, Maestú F, Fernández-Lucas A, Amo C, Campo P, Capilla A. Correlatos neuromagnéticos del lenguaje. *Rev Neurol.* 2003;36(Supl 1):S36-8.
6. Lehericy S, Biondi A, Sourour N, Vlaicu M, du Montcel ST, Cohen L, et al. Arteriovenous brain malformations: is functional MR imaging reliable for studying language reorganization in patients? Initial observations. *Radiology.* 2002;223(3):672-82.
7. Byrne JV. Cerebrovascular malformations. *Eur Radiol.* 2005;15(3):448-52.
8. Lee CZ, Young WL. Management of brain arteriovenous malformations. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2005;18(5):484-9.
9. Faro SH, Mohamed FB. *Functional MRI. Basic principles and clinical applications.* New York: Springer; 2006.
10. Joint Writing Group of the Technology Assessment Committee American Society of Interventional and Therapeutic Neuroradiology, Joint Section on Cerebrovascular Neurosurgery a Section of the American Association of Neurological Surgeons and Congress of Neurological Surgeons, Section of Stroke and the Section of Interventional Neurology of the American Academy of Neurology, Atkinson RP, Awad IA, Batjer HH, et al. Reporting terminology for brain arteriovenous malformation clinical and radiographic features for use in clinical trials. *Stroke.* 2001;32(6):1430-42.
11. Avila C, Barrós-Loscertales A, Forn C, Mallo R, Parcet MA, Belloch V, et al. Memory lateralization with 2 functional MR imaging tasks in patients with lesions in the temporal lobe. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2006;27(3):498-503.
12. Friston K. Statistical parametric mapping and other analyses of functional imaging data. En: Toga AW, Mazziotta JC (editores). *Brain mapping: the methods.* New York: Academic Press; 1996. pp. 363-86.
13. Komisaruk BR, Mosier KM, Liu WC, Criminale C, Zaborszky L, Whippie B, et al. Functional localization of brainstem and cervical spinal cord nuclei in humans with fMRI. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2002;23(4):609-17.
14. Lancaster JL, Woldorff MG, Parsons LM, Liotti M, Freitas CS, Rainey L, et al. Automated Talairach atlas labels for functional brain mapping. *Hum Brain Mapp.* 2000;10(3):120-31.
15. Vates GE, Lawton MT, Wilson CB, McDermott MW, Halbach W, Roberts TP, et al. Magnetic source imaging demonstrates altered cortical distribution of function in patients with arteriovenous malformations. *Neurosurgery.* 2002;51(3):614-27.
16. Giussani C, Roux FE, Ojemann J, Sganzerla EP, Pirillo D, Pagnano C. Is preoperative functional magnetic resonance imaging reliable for language areas mapping in brain tumor surgery? Review of language functional magnetic resonance imaging and direct cortical stimulation correlation studies. *Neurosurgery.* 2010;66(1):113-20.
17. Roux FE, Boulanouar K, Lotterie JA, Mejdoubi M, LeSage J, Berry I. Language functional magnetic resonance imaging in preoperative assessment of language areas: correlation with direct cortical stimulation. *Neurosurgery.* 2003;52(6):1335-47.
18. Álvarez-Linera J, Martín-Plasencia P, Maestú F, García de Sola R, Iglesias J, Serrano JM. Dominancia hemisférica para el lenguaje y resonancia magnética funcional: comparación de tres tareas. *Rev Neurol.* 2002;35(2):115-8.
19. Smits M, Visch-Brink E, Schraa-Tam CK, Koudstaal PJ, van der Lugt A. Functional MR imaging of language processing: an overview of easy-to-implement paradigms for patient care and clinical research. *Radiographics.* 2006;26 Suppl 1:S145-58.
20. Stippich C. *Clinical functional MRI: Presurgical functional neuroimaging.* Berlin: Springer; 2007.
21. Moritz CH. Technical procedures for quality control assessment in functional magnetic resonance imaging. Poster session presented at: ASFNR. 4th Annual Meeting of the American Society of Functional Neuroradiology; 2010 February 24-26; Las Vegas, Nevada.
22. Moritz CH, Johnson SC, McMillan KM, Haughton VM, Meyerand ME. Functional MRI neuroanatomic correlates of the Hooper Visual Organization Test. *J Int Neuropsychol Soc.* 2004;10(7):939-47.
23. Altman NR, Bernal B. Brain activation in sedated children: auditory and visual functional MR imaging. *Radiology.* 2001;221(1):56-63.

Correspondencia

Diego Alberto Herrera
Calle 32D N° 80B-34
Medellín, Colombia
herrera.diego@gm

Recibido para evaluación: 2 de septiembre del 2010

Aprobado para publicación: 25 de octubre del 2010

Ultravist[®]
Iopromida



El Medio de Contraste del Equilibrio

El equilibrio adecuado entre osmolalidad, viscosidad y concentración de yodo Ultravist[®] proporciona el contraste idóneo para la obtención de imágenes de alta calidad



Bayer HealthCare
Bayer Schering Pharma