

RESECCIÓN DE LESIONES CEREBRALES EN AREA ROLÁNDICA CON MAPEO CORTICAL INTRAOPERATORIO*

Gustavo Tróccoli¹, Gustavo Echevarría², Sergio Torresi³, Diego Villar², Eugenio D'Annuncio¹, Alvaro Campero¹, Elena Zemina¹ Gabriel Salman¹.

Servicios de Neurocirugía¹, Neurología² y Anestesiología³ - Hospital Interzonal "Dr. J. Penna" - Bahía Blanca - Argentina

RESUMEN

Objetivo. Describir los resultados obtenidos con el mapeo cortical intraoperatorio en el tratamiento de los tumores rolándicos.

Método. El estudio se realizó en 27 pacientes (mayo 2000 - mayo 2005) entre 27 y 78 años (16M-11F) con tumores intracraneeos ubicados en el área central. En todos los casos se efectuaron técnicas de localización funcional y se utilizaron potenciales evocados somatosensitivos intraoperatorios y estimulación cortical bipolar.

Resultados. La resección fue total en 24 casos y subtotal en 3 casos. En los 23 pacientes que presentaban algún déficit motor previo a la cirugía se logró la mejoría en 17 de ellos, permaneciendo estables 5 y sólo 1 caso padeció un empeoramiento transitorio. Ningún paciente sin déficit previo lo padeció después. No se registraron complicaciones relacionadas con el procedimiento de localización.

Conclusión. El mapeo cortical intraoperatorio es una técnica segura y confiable para la preservación de la corteza elocuente en la cirugía de tumores del área rolándica.

Palabras clave: área rolándica, corteza elocuente, mapeo cerebral, tumor cerebral.

INTRODUCCIÓN

El mapeo cerebral intraoperatorio es una técnica que permite la identificación, preservación de las neuronas esenciales para el movimiento, lenguaje, sensibilidad durante la extirpación de lesiones en áreas elocuentes^{1,2}. En los últimos años, una más agresiva resección de tumores gliales ha sido estimulada con el fin de potenciar otras terapias, prolongar la supervivencia^{3,4}.

El área central, es decir, la región cortical, subcortical correspondiente a la corteza motora, sensitiva primarias (pre, postcisura de Rolando), es imposible de definir con precisión con la inspección directa del cerebro en el momento de la craneotomía⁵. Esta dificultad limita enormemente la amplia extirpación de tumores en esta región por la posibilidad de secuelas irreversibles. Hemos enfocado el problema de la cirugía en el área central, utilizando técnicas de mapeo cerebral para una mejor definición del área elocuente en relación a la lesión.

Las técnicas de localización intraoperatoria son el "estándar de oro" con las cuales son comparados todos los métodos prequirúrgicos de localización funcional, pueden ser aplicadas sin mayores complicaciones para la extirpación de tumores en el área central (rolándica)⁶⁻⁸.

El objetivo de este estudio es describir los resultados obtenidos con el mapeo cortical intraoperatorio en el tratamiento de los tumores rolándicos.

MATERIAL Y MÉTODO

En el período comprendido entre mayo del 2000 y mayo del 2005 se operaron 27 pacientes con lesiones en el área central, que requirieron mapeo cortical. La edad de los pacientes osciló entre 28 y 72 años, siendo 16 de sexo masculino y 11 de sexo femenino. Los síntomas más comunes de presentación fueron déficit motor en 23 pacientes, hipertensión endocraneana en 20 casos, convulsiones en 7 casos.

En todos los pacientes se aplicaron técnicas de localización funcional, además de imágenes por resonancia magnética (IRM) preoperatorias, que permitieron definir la ubicación de la lesión en proximidad a la corteza motora, sensitiva, cortical o subcortical (Fig. 1).

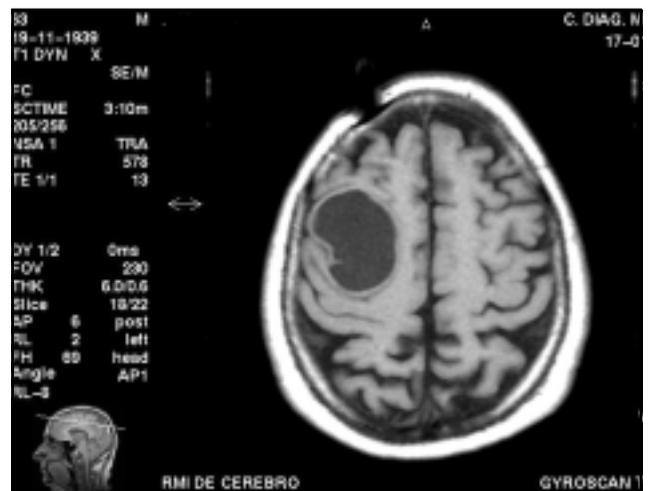


Fig. 1. IRM con contraste: tumor quístico en área central.

* Premio Senior NeuroPinamar 2005

Correspondencia: Chequén 257 (8000) Bahía Blanca, Argentina. E-mail: troccoli@patagoniant.com.ar

Recibido: noviembre de 2005. Aceptado: febrero de 2006

Se intentó localizar la cisura de Rolando sobre bases anatómicas según ha sido descrito previamente^{9,10} con el objetivo de determinar la necesidad de efectuar un mapeo cortical. En todos los casos se efectuaron potenciales evocados somatosensitivos (PESS) previos a la operación a fin de corroborar el estado individual del registro en relación a la presencia del tumor. A todos los pacientes se les efectuó una carga de difenilhidantoína asegurando niveles terapéuticos de la droga con el objetivo de impedir crisis convulsivas intra o postoperatorias. Todas las operaciones fueron realizadas con anestesia general utilizándose relajantes musculares de acción rápida, anestésicos intravenosos, especialmente propofol, por la escasa modificación que producen en el registro de potenciales evocados¹¹. El paciente fue ubicado en posición semilateral con la cabeza rotada 90° hacia el lado contralateral a la cirugía. Se planificó una amplia craneotomía centralizada en la lesión pero teniendo cuidado de incluir en el área expuesta toda la corteza pre, post rolándica necesaria para una correcta identificación del área elocuente de acuerdo con la planificación preoperatoria (por ejemplo, si el tumor era de localización parasagital se incluyó en la craneotomía el segmento de corteza motora correspondiente al miembro inferior). Abierta la duramadre, expuesto el cerebro se efectuó una ecografía con el objetivo de delinear en forma precisa los límites corticales, subcorticales de la lesión. A continuación se colocó en forma perpendicular a la presunta cisura de Rolando una tira de 8 electrodos para electrocorticografía que se conectó al equipo de potenciales evocados (Fig. 2). Utilizamos el estímulo del nervio mediano contralateral con un montaje referencial, lo que nos permitió identificar la cisura de Rolando como aquella inmediatamente anterior al electrodo que registre la mayor amplitud de la onda P22. En casos excepcionales, de tumores de ubicación parasagital, empleamos la estimulación del nervio tibial posterior, aunque siempre preferimos el registro logrado con la estimulación del mediano, por ser el que presentaba mayor amplitud en sus ondas. Determinada la posición de la cisura de Rolando, se empezó la estimulación cortical con un

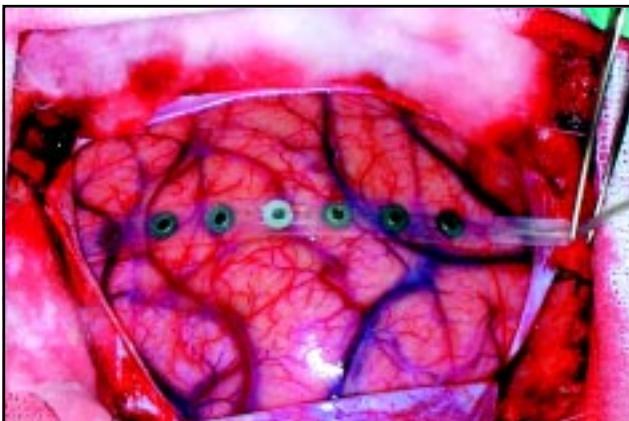


Fig. 2. Electrodo de registro perpendicular a la cisura de Rolando.

electrodo bipolar con 5 mm de separación entre ambos polos conectado a un generador de corriente constante, utilizando pulsos bifásicos con una frecuencia de 60 Hz, una duración de 1 mseg (Fig. 3). Se comenzó con una intensidad de corriente de 0.5-1 mA, se aumentó hasta llegar a la máxima intensidad que genere una respuesta (8-10 mA). Previo a la estimulación del cerebro se constató la desaparición de cualquier residuo de relajante muscular estimulando el músculo temporal, habitualmente expuesto en la craneotomía. Los electrodos de estimulación debían contactar el parénquima cerebral sin sangre o líquido interpuesto. El movimiento generado por la estimulación fue chequeado en forma visual por el neurofisiólogo, colocándose un pequeño trozo de algodón quirúrgico convenientemente identificado en el sector estimulado de la corteza (Fig. 4). Si se generaban crisis convulsivas por la estimulación cortical, las mismas fueron tratadas con la irrigación del área estimulada con 10 a 20 ml de solución de Ringer helada (4°C aproximadamente). En forma permanente se efectuó un

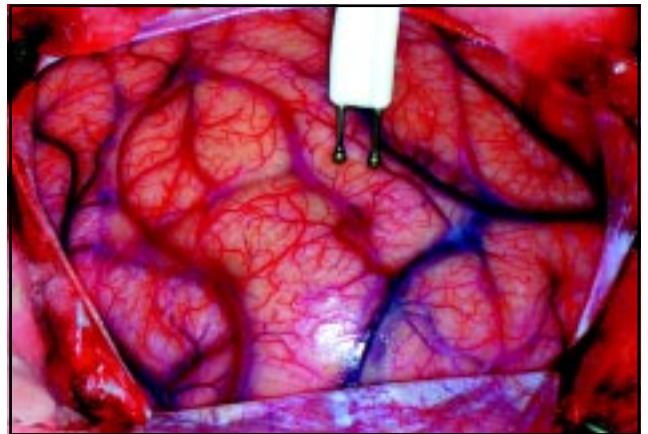


Fig. 3. Estimulación con electrodo bipolar en área pre rolándica.



Fig. 4. Identificación de áreas (B= brazo; C= cara).

registro de electrocorticografía en el área estimulada a fin de detectar la aparición de crisis epilépticas no convulsivas. Si la crisis no se controlada con la solución de Ringer, el anesthesiólogo suministraba un barbitúrico de acción corta. Una vez delimitado el tumor, toda la corteza elocuente vecina a él, se procedía a la resección del mismo con técnicas de microcirugía, respetando todos los sectores definidos como funcionales. En la medida que se avanzaba a sectores subcorticales se volvía a estimular con el fin de determinar el pasaje de vías motoras descendentes. En todos los casos se intentó la extirpación total de la lesión, determinando intraoperatoriamente la probable histología del tumor.

RESULTADOS

La duración promedio de la cirugía fue de 3 horas y 10 minutos. Se logró la exéresis completa en 24 pacientes, subtotal (más del 90% de la lesión) en 3 casos. La histología demostró 6 astrocitomas de bajo grado, 8 astrocitomas de alto grado, 11 metástasis y 2 oligodendrogliomas. En la evolución postoperatoria, 17 pacientes mejoraron su déficit motor, 5 permanecieron estables, sólo 1 caso mostró un empeoramiento de la hemiparesia que duró 48 horas y retrogradó totalmente. Ningún paciente sin déficit motor preoperatorio lo sufrió después. En 5 casos se registraron convulsiones durante la estimulación cortical que cedieron luego de algunos segundos de irrigación con solución helada de Ringer; en ningún caso fue necesario el suministro de barbitúricos para el control de las crisis. No se registró mortalidad quirúrgica.

Con respecto a los métodos de localización cortical se pudo identificar sin problemas la cisura de Rolando en el 100% de los pacientes con los potenciales evocados. Con relación a la estimulación motora se logró una buena respuesta a la misma en 26 pacientes; en un caso la respuesta motriz fue leve, difícil de reproducir, pero este paciente no presentó déficit postoperatorio.

DISCUSIÓN

La resección de lesiones cerebrales localizadas en áreas elocuentes implica un formidable desafío en cuanto a lograr el objetivo sin ocasionar déficits neurológicos. Los tumores vecinos a la cisura de Rolando ("área central"), son un ejemplo de esta situación. Esto se enfrenta con la necesidad de una más agresiva exéresis de tumores primarios como medio de potenciar terapias adyuvantes, prolongar la sobrevida. Por otro lado, las convulsiones se encuentran frecuentemente asociadas con tumores gliales de bajo grado de malignidad: distintas series refieren una incidencia de 50 a 90%⁷. La patogénesis de la epilepsia asociada con tumores cerebrales no se encuentra muy dilucidada. Se la atribuye al efecto de masa tumoral o a elevados niveles de glutamato en el tejido tumoral¹². Sin embargo, la resección completa del tumor no siempre asegura la desaparición de las convulsiones, lo que implicaría que el cerebro normal adyacente o distante del tumor sirve como foco epiléptico, debe ser considerado en el

análisis preoperatorio en cualquier paciente con un tumor cerebral, convulsiones^{13,14}.

Hay varias razones para invertir tiempo quirúrgico en técnicas de localización. La primera es la gran variabilidad anatómica que existe entre diferentes pacientes en cuanto a la ubicación de áreas elocuentes, lo que se ve más acentuado por la distorsión anatómica generada por la presencia de una lesión¹⁰. Una segunda razón para el uso de mapeo intraoperatorio es que la función no está limitada necesariamente a sectores corticales citoarquitectónicamente definidos: desde hace mucho tiempo se sabe, por ejemplo, que pueden lograrse respuestas motoras en sectores anteriores, posteriores a la cisura de Rolando¹⁵. Otra razón es que se ha demostrado que, pacientes con lesiones en áreas motoras "típicas" no tienen respuesta al estímulo en la circunvolución precentral, sí lo hacen en sectores postcentrales, lo que hablaría de cierto grado de plasticidad neuronal en presencia de lesión¹⁶⁻¹⁸. Por otra parte se ha descrito la existencia de tejido funcional normal dentro de la neoplasia¹⁹.

La identificación de áreas elocuentes y su relación con la lesión pueden efectuarse de dos formas: pre e intraquirúrgicamente.

1. Prequirúrgicamente

A) En forma directa con la implantación de una grilla con electrodos días antes de la cirugía propiamente dicha para luego relacionar los resultados de la estimulación de cada electrodo, su respuesta clínica con la anatomía del área en estudio²⁰.

B) En forma indirecta o radiológica, se basa en la "visualización" del sector en estudio utilizando modernas técnicas de neuroimágenes: resonancia magnética funcional (RMf)²¹⁻²³, fusión de magnetoencefalografía e IRM²⁴⁻²⁶, tomografía por emisión de positrones (PET)²⁷.

2. Intraquirúrgicamente

Esta forma de localización se subdivide en: anatómica (visualización directa) y fisiológica.

A) La visualización directa de la corteza cerebral expuesta no permite identificar con certeza los distintos surcos, cisuras cerebrales, con excepción de la cisura de Silvio. Existen diferencias entre observadores calificados para definir anatómicamente áreas elocuentes en distintos pacientes²⁸. Además la presencia de una lesión cortical o subcortical puede causar distorsiones que compliquen aún más la localización anatómica. Por otra parte, la plasticidad de la función motora en presencia de una lesión puede alterar la normal relación anátomo-funcional.

B) Los métodos de identificación fisiológica, que son el motivo de nuestra presentación, son esencialmente dos: potenciales evocados, estimulación cortical.

a) *Potenciales evocados*: la utilización de un estímulo somatosensitivo, visual o auditivo para evocar una respuesta es la base fisiológica del potencial evocado. Como es de suponer, PESS son los empleados en localización cortical en área central. La estimulación del nervio

mediano en la muñeca genera los potenciales más utilizados en localización cortical^{1,29}. Los efectos de la anestesia, otras medicaciones deben ser considerados al evaluar una respuesta lograda por estimulación del mediano. Los anestésicos inhalatorios, los barbitúricos pueden disminuir la respuesta, así como la hipotermia, la hemodilución, la hipotensión arterial. Por otra parte, modernos agentes anestésicos, como el propofol, el etomidato no modifican esta respuesta siendo muy útiles para el empleo durante esta cirugía. El potencial registrado con la estimulación de un nervio periférico (mediano o tibial posterior) se compone de un potencial negativo a los 18 mseg (N18) y un pico positivo de mayor amplitud que ocurre a los 22 mseg. (P22). El P22 es máximo en su amplitud en el área postrolándica disminuyendo rápidamente en 1-2 cm del surco central. Para el PESS se utilizan dos montajes o configuraciones: bipolar, referencial. Si se utiliza un montaje bipolar se observa la reversión de fase de P22: es negativa en los electrodos pre-rolándicos, se positiviza en los post-rolándicos, lo que permite identificar claramente la cisura de Rolando. Si se emplea el montaje referencial (que es el utilizado por los autores) la máxima amplitud de P22 se logra en el electrodo inmediatamente posterior a la cisura de Rolando. Para localización del surco central es conveniente estimular el nervio mediano. Deben utilizarse filtros en la banda de 30 a 250 Hz debido a que pocos componentes de la onda se encuentran por debajo de 30 Hz o por arriba de 250 Hz. Se coloca una tira de 6 u 8 electrodos de registro en el área cortical correspondiente a la mano (aproximadamente 4-6 cm por encima de la cisura de Silvio) y en forma perpendicular a la supuesta cisura de Rolando. Los PESS logrados a partir del estímulo del nervio tibial posterior son más difíciles de obtener pero son muy útiles en casos de lesiones de área central próximas a la cisura interhemisférica.

b) *Estimulación cortical*: la estimulación cortical implica la activación de áreas elocuentes utilizando corrientes eléctricas. Aunque el origen de la estimulación cortical data del año 1800, fue introducida en neurocirugía por Cushing en 1909, definitivamente por Penfield, Boldrey en 1937³⁰, quienes demostraron en 160 pacientes que las bases anatómicas para localización motora, sensitiva emanaban de las circunvoluciones pre, post centrales respectivamente. Se emplean dos técnicas de estimulación: monopolar, bipolar. En la primera se utiliza un electrodo de estimulación, se coloca un segundo electrodo en el músculo o piel expuesta en la craneotomía³¹. En el caso de estimulación bipolar la corriente eléctrica se desplaza entre dos electrodos colocados muy próximos entre sí (generalmente en una misma pieza de mano) lo que genera una estimulación más focal de la corteza cerebral. Esta es la técnica utilizada por los autores. La estimulación directa de la superficie cerebral en área motora primaria usualmente produce contracciones musculares en el hemicuerpo contralateral. Estas contracciones comprenden una combinación de músculos agonistas o de agonistas-antagonistas, por lo que no se asemejan a un movimiento voluntario normal. Generalmente respetan el patrón de homúnculo motor descripto por Sherring-

ton en monos, Cushing, Penfield en humanos: contracciones faciales son obtenidas más lateralmente mientras que contracciones del miembro superior pueden lograrse en una gran área cortical ubicada más medialmente con respecto a la facial³². Lograr contracciones del miembro inferior en respuesta a la estimulación de áreas motoras parasagitales es más difícil, lográndose ocasionalmente respuesta en el dedo mayor. Durante la estimulación cortical pueden producirse convulsiones las que son preferible controlarlas con irrigación del área estimulada con solución helada de Ringer³³. Un problema especial lo plantea el área motora suplementaria. Esta porción del cerebro está adyacente a la línea media (aproximadamente 3 cm) y anterior a la corteza motora primaria. La resección de esta área provoca un síndrome de mutismo transitorio (en el hemisferio dominante) y hemiplejía contralateral. Cuando la corteza del área motora suplementaria es estimulada no se provocan movimientos por lo que debe ser localizada luego de identificar el área motora primaria, lo que permite anticipar la reversibilidad de las secuelas postoperatorias^{34,35}.

Hemos abordado el problema de la limitación funcional en la resección de lesiones cerebrales en área central utilizando dos técnicas de localización: estimulación cortical, PESS. Además, para aumentar la resección en sectores más profundos empleamos estimulación subcortical. Es importante señalar que es posible la presencia de corteza elocuente aun dentro del tumor mismo^{36,37}.

¿Es posible la identificación anatómica de áreas centrales con los estudios radiológicos no funcionales? Diversos autores han intentado correlacionar imágenes de resonancia magnética con áreas elocuentes del cerebro. En 1990, Berger et al analizaron las IRM de 9 pacientes que habían sido operados de los tumores del área central con mapeo cortical¹⁰. En los cortes axiales identificaron la cisura de Rolando como dos surcos transversos "en espejo", en cortes parasagitales definían al sector rolándico (pre, postcentral) como la región ubicada por delante del surco marginal que es la continuación del surco del cíngulo. Si bien la identificación de la cisura de Rolando era factible en la mayoría de los hemisferios sanos, la desviación, compresión de estructuras en el lado afectado por el tumor imposibilitaban la correcta identificación anatómica previa. En 1993, Sobel et al compararon la ubicación de la corteza funcional utilizando magnetoencefalografía, evaluación anatómica sobre IRM realizada por dos neurorradiólogos independientes entre sí²⁸. En 127 imágenes evaluadas los dos radiólogos discrepaban en más del 20% de las mismas. En 1996, Yousry et al evaluaron la ubicación del surco central en 24 hemisferios cerebrales utilizando IRM, RMf, mapeo intraoperatorio³⁸. Con las imágenes no funcionales de IRM la cisura de Rolando fue identificada en 79% de los hemisferios, porcentaje que aumentaba a 83% con RMf; el mapeo cortical detectó el área motora en el 100% de los casos.

¿Es posible con estudios funcionales la localización de áreas elocuentes en forma prequirúrgica con márgenes de confiabilidad? Los estudios funcionales más ampliamente utilizados para identificación son el PET, la fusión de

IRM, magnetoencefalografía, la IRM funcional. En todos los casos se utiliza el mapeo intraoperatorio como estándar de oro para la validación del nuevo método.

a) En el caso del PET se efectúan primero registros basales, después se realizan nuevos registros luego de la estimulación vibratoria de distintas áreas corporales (dedos, ángulo de la mandíbula, planta del pie, etc.) dependiendo de la ubicación de la lesión. El número de estímulos se encuentra limitado por la tolerancia del paciente, la cantidad de radiación permitida. Las imágenes obtenidas se superponen con las IRM convencionales, se correlaciona la ubicación de la lesión con el área activada con los distintos estímulos. Bittar et al correlacionaron las imágenes de PET-RM con la estimulación cortical intraoperatoria, empleando neuronavegación definieron como concordantes cuando ambos sitios se encontraban en la misma circunvolución con una distancia entre ambos no superior a 1 cm. Encontraron primero que en 30% de los PET no se producía la activación en área central contralateral luego del estímulo; que en 40% de las áreas estimuladas con mapeo intraoperatorio no había imágenes de activación en el PET, que cuando la activación se producía la concordancia con la estimulación cortical era de 95,6%²⁷.

b) Mapas funcionales preoperatorios, como por ejemplo los obtenidos con la fusión de magnetoencefalografía e IRM pueden ser integradas a los sistemas de neuronavegación, guiar al cirujano durante la resección de una lesión, lo que permite preservar corteza elocuente^{39,40}. La magnetoencefalografía se basa en el campo magnético que genera el flujo de corriente entre neuronas. Para una simple neurona este campo es indetectable, pero cuando unos miles de neuronas vecinas son sincrónicamente activadas (como por ejemplo, cuando áreas corticales primarias responden a un estímulo periférico), la sumatoria de los campos magnéticos puede ser medida con detectores especiales. En cualquier caso, cualquier método de localización preoperatoria debe ser validado con el mapeo cortical, hoy considerado el estándar de oro de localización de áreas corticales elocuentes. Una gran ventaja de este método sobre PET, RMf es que la primera registra directamente la electrofisiología neuronal mientras que las segundas basan su información en los cambios metabólicos, de FSC en respuesta a una determinada actividad. La tecnología de magnetoencefalografía es muy cara, sólo se encuentra disponible en algunos lugares del mundo. Por otra parte sólo se puede registrar la corteza somatosensorial (en relación al área central, porque también se puede localizar la corteza visual, la auditiva); la localización de áreas motoras o del lenguaje es muy difícil desde el punto de vista práctico. La utilización de planificación, localización preoperatoria utilizando fusión de magnetoencefalografía e IRM, su comparación con mapeo cortical intraoperatorio (MCI) resultan en diferencias de entre 6, 10 mm⁴¹.

c) La posibilidad de usar IRM para definir la activación neuronal fue demostrada en el cerebro humano por primera vez en 1992. Como otras modalidades de imágenes funcionales, como el PET, la RMf se basa en

respuestas fisiológicas secundarias a la activación cerebral. La actividad neuronal genera un aumento transitorio en la extracción de O₂ seguido por una vasodilatación compensatoria lo que resulta en un aumento de la sangre oxigenada, una relativa disminución de la deoxihemoglobina lo que genera un leve aumento en la señal debido a la relativa disminución de los efectos paramagnéticos de la deoxihemoglobina. Aunque este acople activación neuronal – O₂ sanguíneo es localizado, es relativamente lento, medido en segundos, con respecto a la activación neuronal que se mide en décimos o centésimos de milisegundos. Por esta razón, las órdenes funcionales impartidas al pacientes son repetitivas en el término de 20-40 segundos, son seguidas por un período equivalente de reposo⁴². Las órdenes varían según el área cerebral a estudiar: la corteza motora se identifica con movimientos del pulgar, abrir, cerrar la mano rítmicamente, apretar una esponja, etc; el estímulo táctil para identificar áreas sensoriales incluyen cepillar o soplar la palma de la mano. También pueden utilizarse estímulos visuales, auditivos para identificar cortezas visual, auditiva, así como diferentes acciones del lenguaje para identificar dichas áreas. La RMf es el método de localización preoperatoria de áreas elocuentes que mejor se compara con las técnicas de mapeo cortical^{43, 44}.

CONCLUSIÓN

El mapeo cortical intraoperatorio es una técnica segura y de alta confiabilidad para la resección de tumores en el área elocuente sensitivo-motriz sin producir más déficit.

Bibliografía

1. Helmers SL. Evoked potentials for cortical mapping in children and adults. **Tech Neurosurg** 2001; 7: 4-11.
2. Berger MS. Minimalism through intraoperative functional mapping. **Clin Neurosurg** 1996; 43: 324-37.
3. Rostomily R, Berger MS. Does greater extent of surgical resection improve outcome in the treatment of adult low-grade gliomas? **Tech Neurosurg** 1996; 2: 97-112.
4. Soffietti R, Chio A, Giordana M, Vasario E, Schiffer D. Prognostic factors in well-differentiated cerebral astrocytomas in the adult. **Neurosurgery** 1989; 24: 686-92.
5. Duffau H, Capelle L, Sichez JP, Faillot T, Abdenour L, Koune JDL et al. Intra-operative direct electrical stimulation of the central nervous system: the Salpêtrière experience with 60 patients. **Acta Neurochir (Wien)** 1999; 141: 1157-67.
6. Berger MS, Ojemann GA, Lettich E. Neurophysiological monitoring during astrocytoma surgery. **Neurosurg Clin North Am** 1990; 1: 65-80.
7. Berger MS, Ojemann GA. Techniques of functional localization during removal of tumors involving the cerebral hemispheres. En: Loftus CM, Traynelis VC editores. *Intraoperative monitoring techniques in neurosurgery*. New York: McGraw-Hill, Inc; 1994. pp 113-27.
8. Matz PG, Cobbs C, Berger MS. Intraoperative cortical mapping as a guide to the surgical resection of gliomas. **J Neurooncol** 1999; 42: 233-45.
9. Naidich TP, Valavanis AG, Kubik S. Anatomic relationships along the low-middle convexity: Part I – Normal specimens and magnetic resonance imaging. **Neurosurgery** 1995; 36: 517-32.
10. Berger MS, Cohen WA, Ojemann GA. Correlation of motor cortex brain mapping data with magnetic resonance imaging. **J Neurosurg** 1990; 72: 383-7.

11. Robertson SCV, Traynelis VC, Yamada TT. Identification of sensorimotor cortex with SSEP phase reversal. En: Loftus CM, Traynelis VC editores. Intraoperative monitoring techniques in neurosurgery. New York: McGraw-Hill, Inc; 1994. pp 107-11.
12. Haglund MM, Berger MS, Kunkel DD, Franck JE, Ghatan S, Ojemann GA. Changes in gamma-aminobutyric acid and somatostatin in epileptic cortex associated with low-grade gliomas. **J Neurosurg** 1992; 77: 209-16.
13. Berger MS, Ghatan S, Geyer J, Keles G, Ojemann G. Seizure outcome in children with hemispheric tumors and associated intractable epilepsy: the role of tumor removal combined with seizure foci resection. **Pediatr Neurosurg** 1992; 17: 185-91.
14. Berger MS, Ghatan S, Haglund M, Dobbins J, Ojemann G. Low-grade gliomas associated with intractable epilepsy: seizure outcome utilizing electrocorticography during tumor resection. **J Neurosurg** 1993; 79: 62-9.
15. Uematsu S, Lesser R, Fisher RS, Gordon B, Hara K, Krauss GL et al. Motor and sensory cortex in humans: topography studied with chronic subdural stimulation. **Neurosurgery** 1992; 31: 59-72.
16. Maegaki Y, Yamamoto T, Takeshita K. Plasticity of central motor and sensory pathways in a case of unilateral extensive cortical dysplasia: investigation of magnetic resonance imaging, transcranial magnetic stimulation, and short-latency somatosensory evoked potentials. **Neurology** 1995; 45: 225-61.
17. Willer C, Ramsay SC, Wise RJS, Friston KJ, Frackowiak RS. Individual patterns of functional reorganization in the human cerebral cortex after capsular infarction. **Ann Neurol** 1993;33: 181-9.
18. Weiller C, Chollet F, Friston KJ, Wise RJS, Frackowiak RS. Functional reorganization of the brain in recovery from striatocapsular infarction in man. **Ann Neurol** 1992; 31: 463-72.
19. Skirboll SS, Ojemann GA, Berger MS, Lettich E, Winn HR. Functional cortex and subcortical white matter located within gliomas. **Neurosurgery** 1996; 38: 678-85.
20. Uematsu S, Lesser R, Fisher RS, Gordon B, Hara K, Krauss GL et al. Motor and sensory cortex in humans: Topography studied with chronic subdural stimulation. **Neurosurgery** 1992; 31: 59-72.
21. Kim PE, Singh M. Functional magnetic resonance imaging for brain mapping in neurosurgery. **Neurosurg Focus** 2003; 15: Article 1.
22. Puce A, Constable RT, Luby ML, McCarthy G, Nobre AC, Spencer DD, et. al. Functional magnetic resonance imaging of sensory and motor cortex: comparison with electrophysiological localization. **J Neurosurg** 1995; 83: 262-70.
23. Schiffbauer H, Ferrari P, Rowley HA, Berger MS, Roberts TPL. Functional activity within brain tumors: a magnetic source imaging study. **Neurosurgery** 2001; 49: 1313-21.
24. Alberstone CD, Skirboll SL, Benzel EC, Sanders JA, Hart BL, Baldwin NG, et. al. Magnetic source imaging and brain surgery: presurgical and intraoperative planning in 26 patients. **Neurosurgery** 2000; 92: 79-90.
25. Schiffbauer H, Berger MS, Ferrari P, Freudenstein D, Rowley HA, Roberts TPL. Preoperative magnetic source imaging for brain tumor surgery: a quantitative comparison with intraoperative sensory and motor mapping. **Neurosurg Focus** 2003; 15: Article 7.
26. Schiffbauer H, Berger MS, Ferrari P, Freudenstein D, Rowley HA, Roberts TPL. Preoperative magnetic source imaging for brain tumor surgery: a quantitative comparison with intraoperative sensory and motor mapping. **J Neurosurg** 2002; 97: 1333-42.
27. Bittar RG, Olivier A, Sadikot AF, Andermann F, Comeau RM, Cyr M et al. Localization of somatosensory function by using positron emission tomography scanning: a comparison with intraoperative cortical stimulation. **J Neurosurg** 1999; 90: 478-83.
28. Sobel DF, Gallen CC, Schwartz BJ, Waltz TA, Copeland B, Yamada S et al. Locating the central sulcus: comparison of MR anatomic and magnetoencephalographic functional methods. **Am J Neuro-radiol** 1993; 14: 915-25.
29. Romstöck J, Fahlbusch R, Ganslandt O, Nimsky C, Strauss C. Localisation of the sensorimotor cortex during surgery for brain tumors: feasibility and waveform patterns of somatosensory evoked potentials. **J Neurol Neurosurg Psychiatry** 2002; 72: 221-9.
30. Penfield W, Boldrey E. Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. **Brain** 1937; 60: 389-443.
31. Kombos T, Suess O, Kern BC, Funk T, Hoell T, Kopetsch O et al. Comparison between monopolar and bipolar electrical stimulation of the motor cortex. **Acta Neurochir (Wien)** 1999; 141: 1295-301.
32. Pouratian N, Cvannestra AF, Bookheimer SY, Martin NA, Toga AW. Variability of intraoperative electrocortical stimulation mapping parameters across and within individuals. **J Neurosurg** 2004; 101: 458-66.
33. Sartorius CJ, Berger MS. Rapid termination of intraoperative stimulation-evoked seizures with application of cold Ringer's lactate to the cortex. **J Neurosurg** 1998; 88: 349-51.
34. Gugino LD, Aglio LS, Raymond SA, Romero R, Ramirez M, Gonzalez AA et al. Intraoperative cortical function localization techniques. **Tech Neurosurg** 2001; 7: 19-32.
35. Sartorius CJ, Wright G. Intraoperative brain mapping in a community setting. **Surg Neurol** 1997; 47: 380-8.
36. Skirboll SS, Ojemann GA, Berger MS, Lettich E, Winn HR. Functional cortex and subcortical white matter located within gliomas. **Neurosurgery** 1996; 38: 678-85.
37. Ojemann JG, Miller JW, Silbergeld DL. Preserved Function in Brain Invaded by Tumor. **Neurosurgery** 1996; 39: 253-9.
38. Yousry TA, Schmid UD, Schmidt D, Hagen T, Jassoy A, Reiser MF. The central sulcal vein: a landmark for identification of the central sulcus using functional magnetic resonance imaging. **J Neurosurg** 1996; 85: 608-17.
39. Gallen CC, Sobel DF, Waltz T. Noninvasive presurgical neuromagnetic mapping of somatosensory cortex. **Neurosurgery** 1993; 33: 260-8.
40. Kamada K, Takeuchi F, Kuriki S, Oshiro O, Houkin K, Abe H. Functional neurosurgical simulation with brain surface magnetic resonance images and magnetoencephalography. **Neurosurgery** 1993; 33: 269-73.
41. Ganslandt O, Steinmeier R, Kober H, Vieth J, Kassubek J, Romstöck J et al. Magnetic source imaging combined with image-guided frameless stereotaxy: a new method in surgery around the motor strip. **Neurosurgery** 1997; 41: 621-8.
42. George JS, Aine CJ, Mosher JC, Schmidt DM, Ranken DM, Schlitt HA et al. Mapping function in the human brain with magnetoencephalography, anatomical magnetic resonance imaging, and functional magnetic resonance imaging. **J Clin Neurophysiol** 1995; 12: 406-31.
43. Majos A, Tybor K, Stefanczyk L, Goraj B. Cortical mapping by functional magnetic resonance imaging in patients with brain tumors. **Eur Radiol** 2005; 15: 1148-58.
44. Moller M, Freund M, Greiner C, Schwindt W, Gaus C, Heindel W. Real time fMRI: a tool for routine presurgical localization of the motor cortex. **Eur Radiol** 2005; 15: 292-5.

ABSTRACT

Objective: To describe the results obtained with intraoperative cortical mapping in the surgical treatment of rolandic tumors.

Method: We studied 27 patients (may 2000-may 2005) between 27 and 78 years old (16 males-11 females) with intracranial tumors located in the rolandic area. In all cases we used techniques of functional localization and, intraoperative somatosensory evoked potentials and bipolar cortical stimulation.

Results: In 24 cases removal was total and in 3 cases was subtotal. Of the 23 cases with preoperative motor symptoms,

postoperatively 17 were improved, 5 remained stable and 1 deteriorated transiently. No patient without preoperative deficits was worst. We did not have complications related to the localization procedure.

Conclusion: Intraoperative cortical mapping is a safe and sound technique for the preservation of the eloquent cortex during surgery of rolandic tumors.

Key words: cerebral mapping, cerebral tumor, eloquent cortex, rolandic area.