



Revista Chilena de Neuropsiquiatría

ISSN: 0034-7388

directorio@sonepsyn.cl

Sociedad de Neurología, Psiquiatría y
Neurocirugía de Chile
Chile

Mery, Francisco; Zárate, Adrián; Fadic, Ricardo; Lorenzoni, José; Elgueta, Francisca; Villanueva, Pablo; Rojas, Ricardo; Tagle, Patricio

Resección de lesiones cerebrales con asistencia de mapeo cortical intraoperatorio

Revista Chilena de Neuropsiquiatría, vol. 48, núm. 3, septiembre, 2010, pp. 184-196

Sociedad de Neurología, Psiquiatría y Neurocirugía de Chile

Santiago, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=331527721003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Resección de lesiones cerebrales con asistencia de mapeo cortical intraoperatorio

Intraoperative cortical mapping in surgery for brain lesions

Francisco Mery¹, Adrián Zárate¹, Ricardo Fadic², José Lorenzoni¹, Francisca Elgueta³, Pablo Villanueva¹, Ricardo Rojas¹ y Patricio Tagle¹

Introduction: Extensive resection for malignant intraaxial intracranial tumors has been demonstrated to improve survival. This is not always possible due to potential tumor location in or next to eloquent brain regions, like primary motor cortex or speech areas. In this case, avoiding neurological deficits is challenging. One of the tools for minimizing that risk is intraoperative cortical mapping (ICM). This report describes the ICM technique of eloquent brain regions, feasibility and complementarity with other methods for tumor localization. **Methods:** Seven patients with brain lesions near eloquent regions operated on were analyzed. Frameless stereotaxis (neuronavigation) and intraoperative cortical mapping (direct cortical stimulation and monitoring of somatosensory evoked potentials) were used. The location, size, type of lesion, amount of resection, pre and postoperative neurological status were studied. **Results:** ICM was effective in localizing primary motor cortex in all patients. In 6 patients the tumor area without functionality was removed, achieving complete or greater than 90% resection in 5 of them. In one patient the lesion was a deep arteriovenous malformation located below the primary motor cortex. In this case ICM made feasible an approach from non-eloquent cortex to achieve total resection. No new postoperative deficit was found in a 12 month follow-up period. **Conclusion:** ICM is useful and localize functional cortical regions effectively, simply and reliably, making possible to perform extensive tumor resections in eloquent regions. This technique is complementary to other tools for anatomical or physiological localization and could contribute to a safer and more effective surgery.

Key words: Brain tumor, brain mapping, intraoperative monitoring.
Rev Chil Neuro-Psiquiat 2010; 48 (3): 184-196

Introducción

Se ha demostrado que la resección extensa de tumores intracraneales intra-axiales malignos mejora la sobrevida tanto global como libre de enfermedad¹⁻⁴. Además, tiene impacto en otras

variables, como son disminución de la presión intracraneana⁴, minimizar la necesidad de corticosteroides⁵, aumentar la precisión diagnóstica y mejorar la función neurológica⁴⁻⁶. Por otro lado, se ha encontrado que resecciones parciales se asocian a mayor morbilidad perioperatoria⁶.

Recibido: 17/08/2010

Aceptado: 25/09/2010

¹ Departamentos de Neurocirugía, Pontificia Universidad Católica de Chile.

² Departamentos de Neurología, Pontificia Universidad Católica de Chile.

³ Departamentos de Anestesia, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Al momento de planificar una cirugía siempre se debe considerar el beneficio versus el riesgo de causar daño neurológico, con el consiguiente deterioro en la calidad de vida de nuestros pacientes. Este elemento es clave en aquellas lesiones ubicadas en, o cerca, de áreas elocuentes como corteza motora primaria o de lenguaje.

En este sentido se deben tomar en cuenta ciertas consideraciones previo a la cirugía. La localización anatómica esperada puede resultar errónea para determinar áreas elocuentes en pacientes con neoplasias cerebrales⁷ debido a que existe variabilidad individual en diferentes áreas corticales de alta funcionalidad⁷⁻⁹ (ej. Área de lenguaje), distorsión de la anatomía normal por efecto de masa y cambios en la topografía funcional inducidos por mecanismos de plasticidad neuronal⁷⁻⁹. Junto con esto, se sabe que parénquima macroscópicamente infiltrado por tejido tumoral muchas veces conserva funcionalidad importante^{10,11}.

Existen diferentes estrategias para definir la localización de áreas elocuentes, que pueden ser invasivas y no invasivas. En el primer grupo se encuentran técnicas como la resonancia magnética (RM) funcional o la tomografía por emisión de positrones (PET) que si bien tienen la ventaja de no necesitar acceso directo a la corteza cerebral, tienen imprecisión para mapear áreas corticales con funciones complejas. La sensibilidad (PET de 75%; RM funcional 81%) y especificidad (PET de 81%; RM funcional 53%)^{12,13} las hace poco adecuadas como único método en planificación quirúrgica. Dentro de las técnicas invasivas contamos con los potenciales evocados somatosensoriales, la electrocorticografía intraoperatoria, y la estimulación cortical directa, que aparentemente posee el mejor rendimiento.

En los últimos años se ha desarrollado una técnica de localización anatómica llamada neuronavegación. Esta herramienta incorpora neuroimágenes (RM o TAC) preoperatorias en un computador que integra la información recibida de una cámara infrarroja durante la operación y permite una ubicación tumoral precisa con la consecuente posibilidad de resección volumétrica. Las diferentes metodologías mencionadas son complementarias

para lograr un balance óptimo entre resección tumoral y funcionalidad neurológica.

Los objetivos del presente trabajo son describir la técnica de mapeo cortical intraoperatorio de áreas elocuentes y sus resultados en 7 pacientes operados en nuestro centro, e ilustrar su factibilidad y complementariedad con otras técnicas de localización tumoral en nuestro medio.

Métodos

Se analizaron en forma retrospectiva 7 pacientes consecutivos operados en el Hospital Clínico Pontificia Universidad Católica de Chile, con edades entre 20 y 50 años, portadores de lesiones en o cercanas a área elocuente (motora primaria o lenguaje).

Todos los pacientes fueron monitorizados con electrocardiograma, saturometría de oxígeno, presión arterial invasiva y temperatura.

Recibieron anestesia general con propofol como inductor en dosis 2,5 mg/kg, remifentanilo en infusión según requerimientos, un bolo de relajante muscular de corta acción previo a la intubación. La mantención se realizó con isoflurano en dosis menores a 1 CAM y FiO₂ 60%. En caso de ser necesario se utilizaron drogas vasoactivas para asegurar presión arterial media mayor o igual a 70 mmHg.

La resección de la lesión fue asistida por neuronavegación y mapeo cortical intraoperatorio mediante estimulación cortical directa, y búsqueda de surco central por fase reversa. Se analizaron las variables de localización tumoral y estado neurológico mediante la escala de Rankin.

El grado de resección lograda se definió luego de comparar resonancia magnética (RM) pre y postoperatoria inmediata según informe de neuroradiólogo. Se consideró como total a resección del 100%, subtotal 90-99% y parcial 50-89%. Cuando la resección fue menor de 50% se definió como biopsia.

Estimulación cortical directa

Mediante esta técnica se aplicó un estímulo eléctrico directo en la corteza cerebral, para así localizar áreas elocuentes. Se utilizó la estrategia llamada "positiva", en que se aplicó el estímulo

buscando la expresión o alteración de una determinada función neurológica –movimientos involuntarios de una extremidad, o parestesias en una zona del cuerpo– para así delimitar área cortical que desarrollaba esta función.

De las tres ubicaciones que pueden ser mapeadas en neurocirugía: Corteza motora primaria, corteza somatosensorial, y áreas de lenguaje, nos referiremos a continuación a algunas consideraciones anestésicas y quirúrgicas en relación a la identificación de la corteza motora primaria.

Se utilizó la técnica diseñada por Berger y Ojemann que consiste en la estimulación mediante un electrodo bipolar de 5 mm con pulsos bifásicos de 1 ms de corriente continua a 60 Hz, con una duración de 2 a 3 s¹⁴. Las craneotomías se desarrollaron bajo anestesia general y la amplitud inicial del estímulo fue de 4 mA, con incrementos de 2 mA hasta evocar movimientos en cara o extremidades, o llegar a 16 mA. En el caso de que el procedimiento se realizara en el contexto de una craneotomía vigil, el umbral es más bajo, partiendo de los 2 mA¹⁵ (Figura 1).

Para evaluar si el estímulo fue aplicado en el córtex motor se observó de forma directa si hubo movimientos en el hemicuerpo contralateral; además para mayor precisión se agregó registro electromiográfico de algunos grupos musculares. En caso de llegar al máximo sin obtener respuesta, se consideró esa área como no funcional. También se realizó estimulación subcortical, la que se llevó a cabo con la misma amplitud con la cual se obtuvo respuesta positiva a nivel cortical. Si no se encontraba respuesta motora en región subcortical, se seguía estimulando periódicamente la corteza motora primaria durante la resección lesional para demostrar indemnidad de tractos piramidales, según técnica descrita previamente¹⁶.

Identificación de surco central por fase reversa

Este método, conocido como técnica de fase reversa, se utilizó para encontrar rápidamente el surco central y sus áreas adyacentes. Esta se basa en el principio de que los potenciales evocados al estimular nervio mediano pueden ser registrados tanto

en la corteza somatosensorial¹⁷, como al lado opuesto del surco central, es decir, en la corteza motora primaria, visualizándose como una onda en espejo.

Para su realización se ubicó una grilla de 4 electrodos directamente sobre la corteza cerebral una vez realizada la durotomía, donde se sospechaba la ubicación del surco central de forma perpendicular a éste (Figura 2).

Posteriormente con ayuda de neuronavegación se marcó el área de sobreproyección tumoral (Figura 3). Con la información anterior y el mapa de regiones de corteza funcional identificados, se decidió el área de resección tumoral para cada caso individual.

Resultados

La edad media fue de 35 años, 5 pacientes fueron mujeres, y dos hombres. En todos los pacientes la técnica de identificación de surco central por fase reversa combinado con estimulación cortical directa fue efectiva en localizar la corteza motora primaria. Esto fue esencial previo a decidir la resección del área tumoral identificada por neuronavegación.

Los pacientes fueron seguidos por un promedio de 12 meses (3 a 24). No hubo mortalidad ni morbilidad. En los 6 pacientes con tumor intra-axial se logró una resección total o casi total en 5 y en uno resección parcial, dado que parte del área tumoral correspondía a la corteza motora primaria. El otro paciente tenía una malformación arteriovenosa frontoparietal derecha profunda. El mapeo cortical se realizó en este caso para determinar un abordaje a la lesión sin dañar la corteza motora primaria, pudiendo realizar una resección completa sin morbilidad asociada.

En la Tabla 1 se describe el detalle del tipo de lesión, localización, grado de resección y estado neurológico en el seguimiento post operatorio.

Casos ilustrativos

Caso 1

Mujer de 20 años sin antecedentes mórbidos, consultó por cuadro de paresia de extremidad inferior izquierda asociada a hemihipoestesia faciobra-

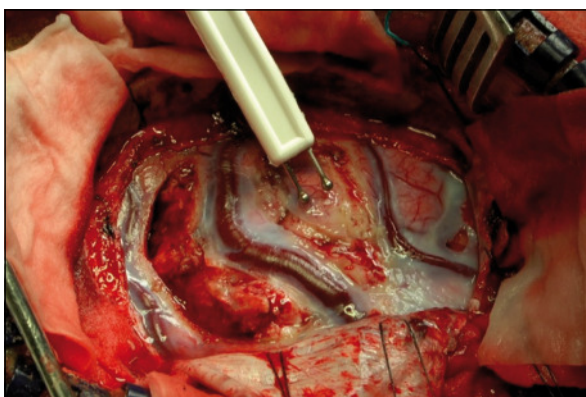


Figura 1. Estimulación cortical directa. Estimulación cortical directa con electródo bipolar, en un paciente sometido a cirugía para la resección de un glioma ubicado cercano a corteza motora primaria.

Tabla 1. Características de los pacientes tratados

Edad/ Sexo	Diagnóstico	Grado de resección	Evolución
50/F	Metástasis de Ca pulmonar frontal izquierda	Subtotal	Rankin 0
35/F	Astrocitoma (recidiva) anaplásico frontal derecho	Parcial	Rankin 0
20/F	Glioma angiocéntrico frontal derecho	Total	Rankin 0
23/M	MAV frontoparietal derecha	Total	Rankin 1
38/M	Oligoastrocitoma frontal izquierdo	Subtotal	Rankin 1
49/F	Oligoastrocitoma anaplásico frontal derecho	Subtotal	Rankin 1
29/F	Ependimoma anaplásico frontal izquierdo	Total	Rankin 0

quiocrural ipsilateral, de dos semanas de evolución.

Se realizó RM de encéfalo que mostró lesión cortical, hipercaptante, en región frontoparietal derecha, bien circunscrita (Figura 4).

Se decidió realizar la resección bajo mapeo cortical y neuronavegación. Se identificó una lesión intraaxial de bordes poco definidos, la cual estaba

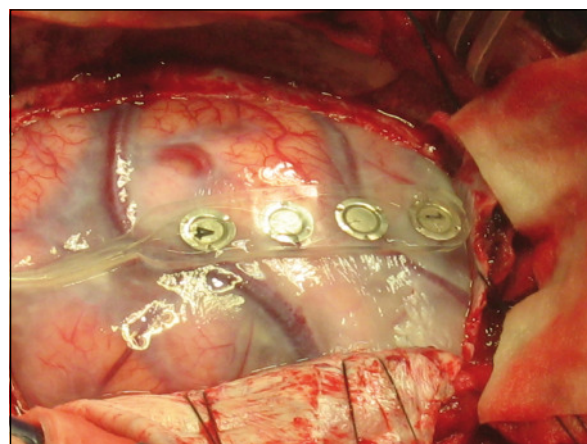


Figura 2. Identificación de surco central por fase reversa. En el mismo paciente, se observa grilla de electrodos, utilizados para la identificación de la fase reversa, se aprecian 4 electrodos donde se definió, en el intraoperatorio, que el electrodo a la izquierda del número 1 (sin numeración) se encontraba en Rolando.

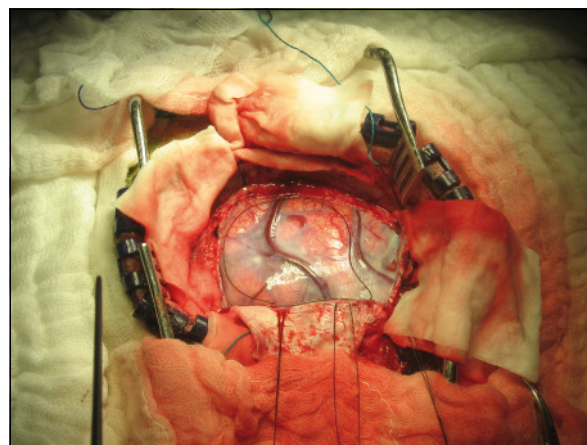


Figura 3. Delimitación de área tumoral por neuronavegación. Área tumoral a resear delimitada por seda estéril, durante la cirugía se determinó que la zona cortical a la derecha de la seda correspondía a corteza motora primaria.

próxima pero no correspondía a la corteza motora primaria, la cual se preservó. De esta manera se obtuvo resección total de la lesión, sin morbilidad postoperatoria. El estudio anatomopatológico informó glioma angiocéntrico.

En seguimiento a largo plazo su puntaje de Rankin es 0.

Caso 2

Hombre de 23 años quien consultó por cefalea ictal asociada a compromiso de conciencia. Al ingreso se realiza TC que muestra hematoma frontoparietal derecho con vaciamiento ventricular, efecto de masa, e hidrocefalia secundaria. Se realizó angiografía cerebral que mostró una malformación arteriovenosa rota, en la profundidad de la región frontoparietal derecha. Una vez estabilizado se realizó resección de la MAV bajo mapeo cortical, para lograr de esta manera un acceso quirúrgico a la profundidad que respetara la corteza motora. En su examen neurológico preoperatorio destacaba una discreta paresia crural distal izquierda. Se extirpó en forma completa sin déficit neurológico agregado, evolucionando en el seguimiento en Rankin 1 (Figuras 5 y 6).

Caso 3

Hombre de 38 años sin antecedentes mórbidos quien consultó por crisis parciales simples de extremidad inferior derecha de dos semanas de evolución. Se realizó RM que mostró una lesión tumoral cortico-subcortical frontoparietal izquierda. Se decidió realizar su resección asistido por neuronavegación y mapeo cortical intraoperatorio.

Debido a extensión en profundidad de la lesión se logró resección subtotal de ésta. La biopsia fue compatible con oligoastrocitoma grado 3. Evolucionó en Rankin 0 en seguimiento a largo plazo (Figura 7).

Discusión

La resección quirúrgica permanece como un pilar fundamental en el tratamiento de los gliomas¹⁸⁻²¹. Sin embargo, no existe pleno consenso respecto al beneficio de realizar resecciones completas, tanto en gliomas de alto grado como de bajo grado. Si bien la importancia de la cirugía en obtener muestra para estudio histopatológico y en aliviar síntomas de hipertensión endocraneana es indudable, no existe evidencia clase I para evaluar la relación entre la extensión de la resección y la prolongación de sobrevida global y libre de enfermedad. En comunicaciones recientes de gliomas de bajo grado en que se analizó la extensión de la resección como variable independiente se encontró que en la mayoría de ellos existe beneficio significativo, ya sea en sobrevida global, libre de enfermedad o ambas²²⁻³¹. Por otra parte, en una serie publicada por Johannesen y cols.³² no hubo diferencia estadísticamente significativa en la sobrevida a 5 años según el grado de resección.

Si bien la mayoría de las comunicaciones sobre resección de gliomas de alto grado muestra beneficio en la sobrevida^{2,6,20,33-46}, algunos trabajos no encuentran beneficio significativo⁴⁷⁻⁵⁶.

En una revisión reciente, Sanai y Berger⁵⁷ analizando la sobrevida promedio asociada a resección completa macroscópica versus subtotal, encontraron que el beneficio de una extirpación más extensa era más marcado en pacientes portadores de

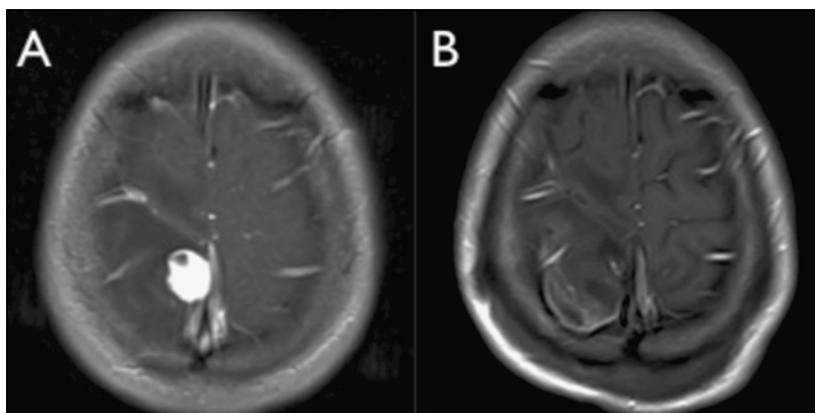


Figura 4. Caso 1, Resonancia magnética secuencia T1 con gadolinio: A) Se observa lesión nodular, bien vascularizada, ubicada en corteza de región frontoparietal derecha, B) Imagen post operatoria en la que se observa resección completa de la lesión.

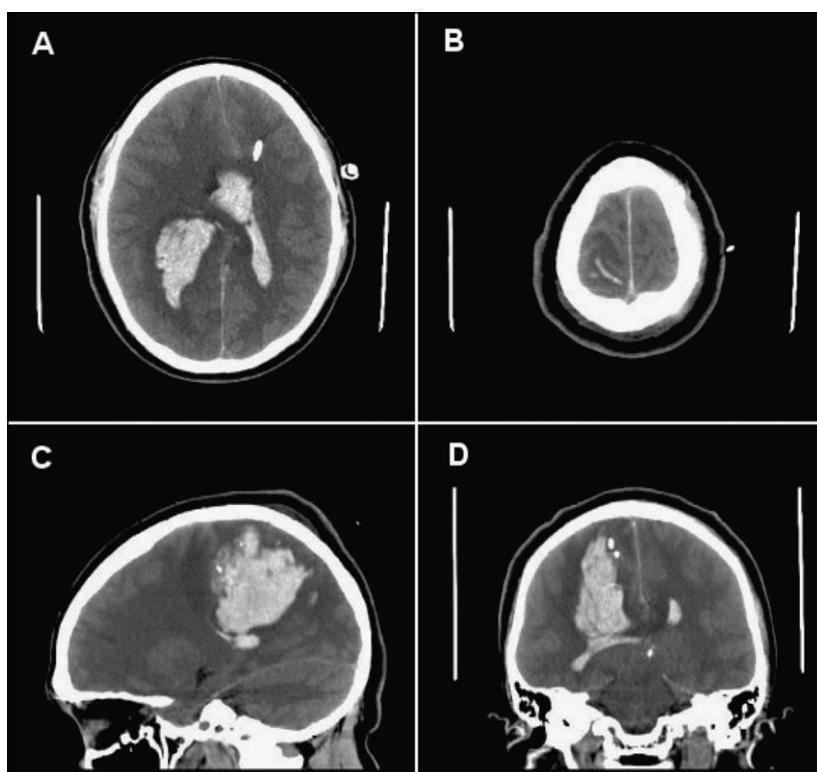


Figura 5. Caso 2, Tomografía computada preoperatoria en cortes axiales (A,B), sagital (C) y coronal (D) que demuestran el hematoma intracerebral y su relación con la corteza.

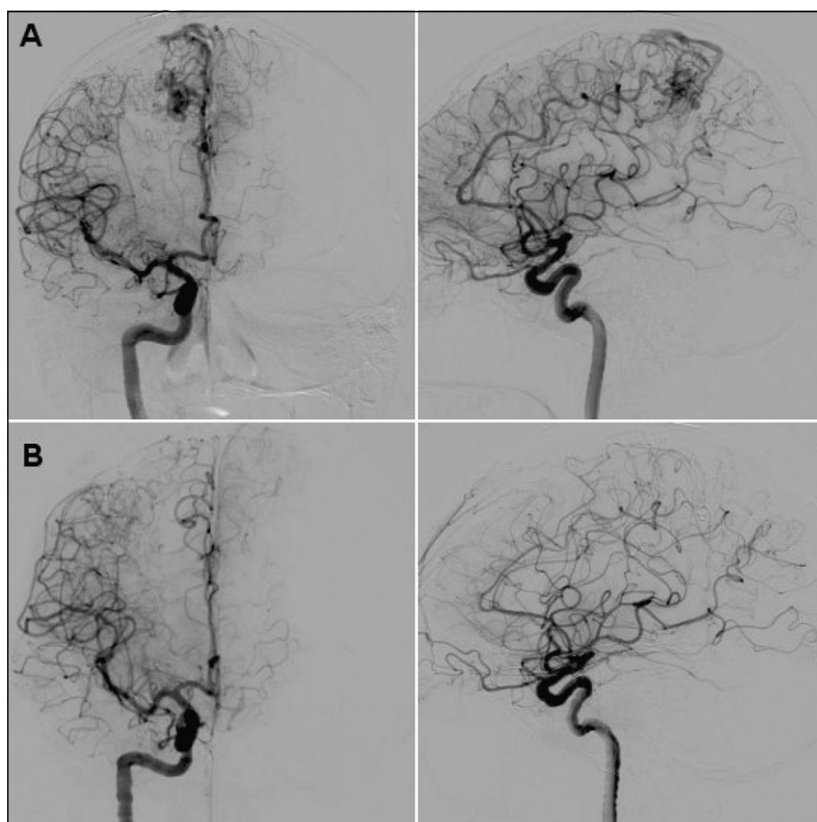


Figura 6. Caso 2, Angiografía cerebral de circulación anterior derecha: A) imagen preoperatoria, en la que se aprecia MAV dependiente de arteria cerebral anterior. B) imagen postoperatoria en la que se documenta resección de la lesión.

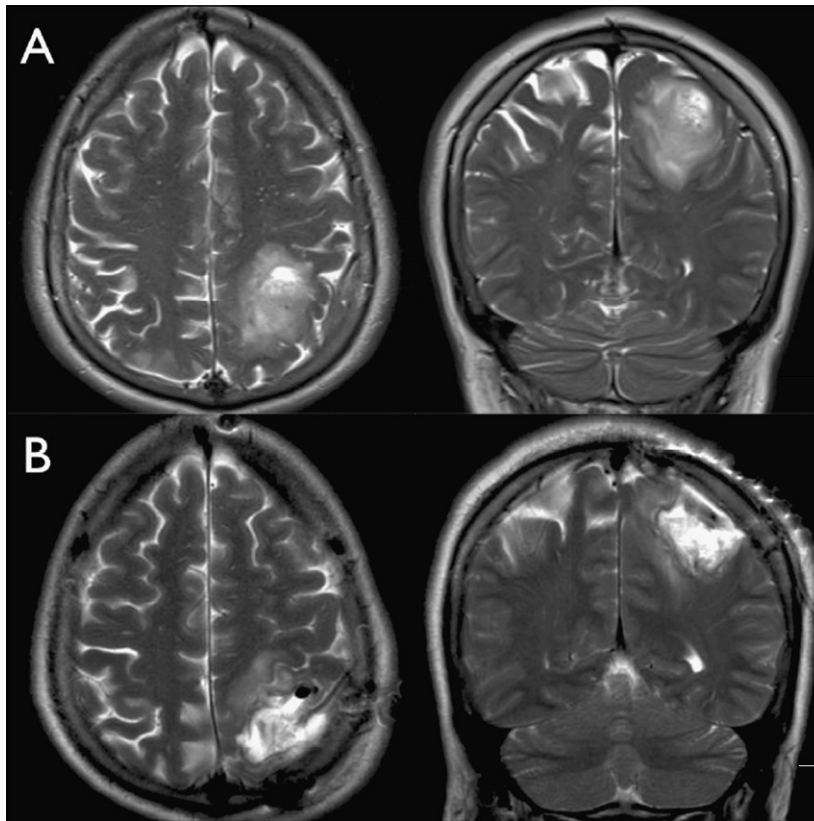


Figura 7. Caso 3, RM secuencia T2: A) imagen preoperatoria, en la que se observa lesión tumoral con edema perilesional. B) control postoperatorio.

gliomas de bajo grado, aumentando de 61,1 a 90,5 meses. En los pacientes con gliomas de alto grado el beneficio era menor, con un incremento de 65 a 75 meses en astrocitoma anaplásico y de 11 a 14 meses en glioblastoma multiforme.

Por lo tanto, en los gliomas de bajo y alto grado la literatura actual sugiere intentar una resección completa y no una conducta conservadora⁵⁸.

El desarrollo y evolución de la técnica operatoria y la incorporación de nuevas herramientas tecnológicas ha hecho posible una cirugía más segura con resecciones más amplias. Una de estas herramientas es la neuronavegación, mediante la cual es posible incorporar un estudio de neuroimágenes preoperatorio del paciente (TAC o RM) a un computador, el cual integra dichas imágenes y las correlaciona con la información captada habitualmente por una cámara infrarroja en forma intraoperatoria. Esta cámara registra la posición de instrumentos quirúrgicos en el espacio a tra-

vés de fiduciales e incluso la posición del foco del microscopio quirúrgico. Con esta información es posible “navegar” durante la operación para determinar la localización y, en buena medida, el volumen de la lesión tumoral o vascular buscada. Esto podría ser una herramienta útil en permitir abordajes quirúrgicos más pequeños y restringidos al área específica de sobreposición de la lesión y a seleccionar la vía de abordaje deseada, con la consecuente menor exposición de corteza indemne. Además, en algunos reportes se comunica que la neuronavegación permitió un número significativamente mayor de resecciones completas⁵⁹ con tendencia de menor morbilidad y mayor sobrevida. Dentro de las limitaciones de la neuronavegación está el hecho de no contar con imágenes en tiempo real, por lo que podría existir una desviación de la información preoperatoria utilizada. En este sentido, otra herramienta potencialmente útil es la ecografía intraoperatoria, que proveería imágenes

en tiempo real que pueden correlacionarse con RM postoperatoria⁶⁰ y por lo tanto guiar una resección tumoral. Un avance reciente que combina ambas técnicas podría ser beneficioso, en el cual la información de la neuronavegación es “corregida” por imágenes de ecografía intraoperatoria, pudiendo eliminar la desviación descrita previamente⁶¹.

La resección extensa de lesiones cerebrales localizadas en áreas elocuentes, tanto motora primaria como de lenguaje, con bajo riesgo de secuelas es un desafío terapéutico. Es fundamental localizar efectiva y funcionalmente dichas áreas en cada paciente ya que se ha demostrado gran variabilidad anatómica en su ubicación junto con la eventual distorsión y compresión de estructuras generadas por la lesión⁶². Otro motivo para identificar en forma precisa las áreas funcionales es que éstas pueden ser múltiples y no circunscritas por cisuras o surcos⁶³, ubicadas en áreas no esperadas, probablemente por plasticidad neuronal^{64,65}, y también porque el tejido infiltrado por tumor puede tener funcionalidad preservada⁶⁶.

Existen métodos de mapeo funcional preoperatorio e intraoperatorio. Dentro de las técnicas prequirúrgicas está la Resonancia magnética funcional que identifica áreas elocuentes basados en la activación de regiones corticales específicas frente a la realización de un paradigma estandarizado. Pudiera ser una herramienta útil y tiene la ventaja de ser no invasiva pero no es lo suficientemente exacta para definir una resección quirúrgica precisa, por lo que no fue utilizada en el presente trabajo.

Con respecto al mapeo cortical intraoperatorio, esta técnica fue descrita por Foerster⁶⁷ en 1930 y posteriormente reportada por Penfield⁶⁸. Actualmente se realiza en forma habitual para localizar área motora primaria y/o área de lenguaje. En una serie publicada de 222 pacientes, que comparó el resultado obtenido en portadores de gliomas sometidos a cirugía antes y después de la implementación de esta técnica, encontró un aumento de 35% a 62% en el número de cirugías realizadas en áreas elocuentes, con una disminución de déficits permanentes de 17% a 6,5%, logrando un aumento de resecciones totales de un 6% a 25,4%. Todas estas diferencias fueron estadísticamente significativas.⁶⁹ En otra serie de tumores en relación a área motora

primaria, Tróccoli y cols, lograron una resección completa en 24 de 27 pacientes sin una morbilidad significativa⁷⁰. Estos resultados son comparables a los resultados observados en nuestra serie.

Desde el punto de vista anestésico son muchos los factores fisiológicos como farmacológicos que pueden afectar la medición de los potenciales evocados somatosensoriales (PESS), es por esto que es importante controlarlos para no ocasionar errores en su interpretación. Un seguimiento estrecho de la presión arterial y la temperatura es necesario, ya que una PAM menor de 60 mmHg puede ser causa de falsos positivos y el descenso de la temperatura en un grado Celsius puede causar una reducción en la amplitud de los PESS de aproximadamente 7% y un incremento en la latencia de 3%⁷¹.

Los agentes anestésicos tienen un impacto significativo en los PESS, es por esta razón que la elección de la técnica anestésica a utilizar es fundamental. El propofol, inductor utilizado en estos pacientes, ocasiona una caída transitoria de los elementos corticales, asociada a una rápida recuperación al terminar el bolo inicial^{71,72}. Los opioides como el remifentanilo, son unos de los anestésicos preferidos para este tipo de monitorización ya que producen cambios clínicos no significativos en lo que respecta a la latencia y la amplitud de los PESS. En general, la magnitud del efecto de los opioides sobre las respuestas evocadas es mayor cuando se administran en bolo en comparación con la infusión continua⁷². En relación al uso de los anestésicos inhalatorios, estos producen un incremento dosis dependiente en la latencia de los PESS, y un descenso en su amplitud. El óxido nitroso (N₂O) potencia el efecto depresor de los agentes halogenados, y a una concentración de 60-70% disminuye la amplitud en un 50%. Es posible una monitorización de los PESS con concentraciones de 0,5-1 CAM de halogenados con N₂O, o el uso de agentes inhalatorios sin N₂O hasta 1 CAM. Con desflurano o sevoflurano se puede lograr una monitorización satisfactoria con CAM mayores (1,5-1,75). En estos pacientes se administró isoflurano o sevoflurano a concentraciones menores de un CAM sin N₂O sin mayores repercusiones en la monitorización de los PESS⁷¹⁻⁷³. Finalmente, si bien la utilización de rela-

jantes musculares no afectan la interpretación de los PESS^{72,74}, preferimos usar relajantes musculares de corta duración para no interferir con la estimulación cortical directa ni registro de potenciales evocados motores. La anestesia total intravenosa es otra muy buena alternativa para la monitorización de PESS^{71,72}, pero de mayor costo.

Además de considerar la técnica anestésica y las variables fisiológicas, la comunicación fluida entre el anestesiólogo, cirujano y neurofisiólogo es de vital importancia para lograr una correcta interpretación.

Si bien se han desarrollado avances significativos en la técnica quirúrgica, anestésica y métodos intraoperatorios para agregar seguridad a la cirugía, aún no se ha logrado un cambio dramático en el pobre pronóstico de los pacientes con gliomas. Es esperable que en el futuro surjan nuevas estrategias que actúen a nivel molecular.

Conclusión

La resección extensa de lesiones cerebrales localizadas en áreas elocuentes, tanto motora primaria como de lenguaje, con bajo riesgo de secuelas es un desafío terapéutico. Existen diferentes métodos para planificar el abordaje operatorio y definir la resección quirúrgica minimizando el riesgo de causar deterioro funcional. Dentro de éstos destaca el mapeo cortical intraoperatorio, ya que es una técnica efectiva, rápida y reproducible, permitiendo tomar decisiones durante la cirugía.

El presente reporte muestra la factibilidad en nuestro medio junto con su complementariedad con otras técnicas de localización anatómica y tumoral. Esto finalmente podría influir en aumentar la extensión de la resección tumoral y disminuir la incidencia de déficit neurológico post operatorio, permitiendo una cirugía más efectiva y segura.

Resumen

Introducción: Se ha demostrado que la resección extensa de tumores intracraneales intra-axiales malignos mejora la sobrevida. Esto no siempre es posible dada la eventual ubicación de estos tumores en o cercanos a áreas elocuentes, como corteza motora primaria o de lenguaje. En estas circunstancias, el desafío es evitar secuelas neurológicas. Uno de los métodos para disminuir dicho riesgo es el mapeo cortical intraoperatorio (MCI). El presente trabajo describe la técnica de mapeo cortical intraoperatorio de áreas elocuentes, al igual que su factibilidad y complementariedad con otras técnicas de localización tumoral. **Método:** Se analizan 7 pacientes operados, portadores de lesiones cercanas a áreas elocuentes. Se utilizó neuronavegación y MCI (estimulación directa de corteza y registro de potenciales evocados somatosensoriales). Se analizó la localización, tamaño y tipo de la lesión, grado de resección y estado neurológico pre y postoperatorio. **Resultados:** En todos los pacientes el MCI fue efectivo en localizar corteza motora primaria. Hubo 6 pacientes en los que se pudo reseccionar el área tumoral no asociada a funcionalidad, logrando en 5 de ellos resección completa o superior al 90%. En un paciente la lesión correspondió a una malformación arteriovenosa profunda ubicada en corteza motora primaria en que el MCI permitió una vía de abordaje por corteza no elocuente para su resección completa. No hubo déficit neurológico agregado postoperatorio con seguimiento de 12 meses. **Conclusión:** El MCI es útil y localiza en forma efectiva, simple y reproducible áreas de corteza funcional, haciendo posible realizar resecciones extensas de tumores en áreas elocuentes. Esta técnica es complementaria a otros métodos de ubicación anatómica y fisiológica pudiendo contribuir a una cirugía más segura y efectiva.

Palabras clave: Tumor cerebral, mapeo cerebral, monitoreo intraoperatorio.

Referencias

1. Laws ER, Parney IF, Huang W, Anderson F, Morris AM, Asher A, *et al.* Survival following surgery and prognostic factors for recently diagnosed malignant glioma: data from the Glioma Outcomes Project. *J Neurosurg.* 2003; 467-73.
2. Lacroix M, Abi-Said D, Fourney DR, Gokaslan ZL, Shi W, DeMonte F, *et al.* A multivariate analysis of 416 patients with glioblastoma multiforme: prognosis, extent of resection, and survival. *J Neurosurg* 2001; 95: 190-8.
3. Bucci MK, Maity A, Janss AJ, Belasco JB, Fisher MJ, Tochner ZA, *et al.* Near complete surgical resection predicts a favorable outcome in pediatric patients with nonbrainstem, malignant gliomas: results from a single center in the magnetic resonance imaging era. *Cancer* 2004; 101: 817-24.
4. Mitchell P, Ellison DW, Mendelow AD. Surgery for malignant gliomas: mechanistic reasoning and slippery statistics. *Lancet Neurol* 2005; 4: 413-22.
5. Whittle IR, Pringle AM, Taylor R. Effects of resective surgery for left-sided intracranial tumours on language function: a prospective study. *Lancet* 1998; 351: 1014-8.
6. Vecht CJ, Avezaat CJ, van Putten WL, Eijkenboom WM, Stefanko SZ. The influence of the extent of surgery on the neurological function and survival in malignant glioma. A retrospective analysis in 243 patients. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1990; 53: 466-71.
7. Duffau H. New concepts in surgery of WHO grade II gliomas: functional brain mapping, connectivism and plasticity--a review. *J Neurooncol* 2006; 79: 77-115.
8. Benzagmout M, Gatignol P, Duffau H. Resection of World Health Organization Grade II gliomas involving Broca's area: methodological and functional considerations. *Neurosurgery* 2007; 61: 741-52; discussion 752-3.
9. Duffau H, Taillandier L, Gatignol P, Capelle L. The insular lobe and brain plasticity: Lessons from tumor surgery. *Clin Neurol Neurosurg* 2006; 108: 543-8.
10. Ojemann JG, Miller JW, Silbergeld DL. Preserved function in brain invaded by tumor. *Neurosurgery* 1996; 39: 253-8; discussion 258-9.
11. Schiffbauer H, Ferrari P, Rowley HA, Berger MS, Roberts TP. Functional activity within brain tumors: a magnetic source imaging study. *Neurosurgery* 2001; 49: 1313-20; discussion 1320-1.
12. FitzGerald DB, Cosgrove GR, Ronner S, Jiang H, Buchbinder BR, Belliveau JW, *et al.* Location of language in the cortex: a comparison between functional MR imaging and electrocortical stimulation. *AJNR Am J Neuroradiol* 1997; 18: 1529-39.
13. Herholz K, Reulen HJ, von Stockhausen HM, Thiel A, Ilmberger J, Kessler J, *et al.* Preoperative activation and intraoperative stimulation of language-related areas in patients with glioma. *Neurosurgery* 1997; 41: 1253-60; discussion 1260-2.
14. Berger MS, Kincaid J, Ojemann GA, Lettich E. Brain mapping techniques to maximize resection, safety, and seizure control in children with brain tumors. *Neurosurgery* 1989; 25: 786-92.
15. Berger MS. The impact of technical adjuncts in the surgical management of cerebral hemispheric low-grade gliomas of childhood. *J Neurooncol* 1996; 28: 129-55.
16. Keles GE, Lundin DA, Lamborn KR, Chang EF, Ojemann G, Berger MS. Intraoperative subcortical stimulation mapping for hemispherical perirolandic gliomas located within or adjacent to the descending motor pathways: evaluation of morbidity and assessment of functional outcome in 294 patients. *J Neurosurg* 2004; 100: 369-75.
17. Goldring S, Gregorie EM. Surgical management of epilepsy using epidural recordings to localize the seizure focus. Review of 100 cases. *J Neurosurg* 1984; 60: 457-66.
18. Black P. Management of malignant glioma: role of surgery in relation to multimodality therapy. *J Neurovirol* 1998; 4: 227-36.
19. Guthrie BL, Laws ER, Jr. Supratentorial low-grade gliomas. *Neurosurg Clin N Am* 1990; 1: 37-48.
20. Keles GE, Anderson B, Berger MS. The effect of extent of resection on time to tumor progression and survival in patients with glioblastoma multiforme of the cerebral hemisphere. *Surg Neurol* 1999; 52: 371-9.
21. Yasargil MG, Kadri PA, Yasargil DC. Microsurgery for malignant gliomas. *J Neurooncol* 2004; 69: 67-81.

22. Claus EB, Horlacher A, Hsu L, Schwartz RB, Dello-Iacono D, Talos F *et al.* Survival rates in patients with low-grade glioma after intraoperative magnetic resonance image guidance. *Cancer* 2005; 103: 1227-33.
23. Leighton C, Fisher B, Bauman G, Depiero S, Stitt L, MacDonald D, *et al.* Supratentorial low-grade glioma in adults: an analysis of prognostic factors and timing of radiation. *J Clin Oncol* 1997; 15: 1294-301.
24. Nakamura M, Konishi N, Tsunoda S, Nakase H, Tsuzuki T, Aoki H, *et al.* Analysis of prognostic and survival factors related to treatment of low-grade astrocytomas in adults. *Oncology* 2000; 58: 108-16.
25. Philippon JH, Clemenceau SH, Fauchon FH, Foncin JF. Supratentorial low-grade astrocytomas in adults. *Neurosurgery* 1993; 32: 554-9.
26. Rajan B, Pickuth D, Ashley S, Traish D, Monro P, Elyan S, *et al.* The management of histologically unverified presumed cerebral gliomas with radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1994; 28: 405-13.
27. Shaw E, Arusell R, Scheithauer B, O'Fallon J, O'Neill B, Dinapoli R, *et al.* Prospective randomized trial of low- versus high-dose radiation therapy in adults with supratentorial low-grade glioma: initial report of a North Central Cancer Treatment Group/Radiation Therapy Oncology Group/Eastern Cooperative Oncology Group study. *J Clin Oncol* 2002; 20: 2267-76.
28. Smith JS, Chang EF, Lamborn KR, Chang SM, Prados MD, Cha S, *et al.* Role of extent of resection in the long-term outcome of low-grade hemispheric gliomas. *J Clin Oncol* 2008; 26: 1338-45.
29. van Veelen ML, Avezaat CJ, Kros JM, van Putten W, Vecht C. Supratentorial low grade astrocytoma: prognostic factors, dedifferentiation, and the issue of early versus late surgery. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1998; 64: 581-7.
30. Yeh SA, Ho JT, Lui CC, Huang YJ, Hsiung CY, Huang EY. Treatment outcomes and prognostic factors in patients with supratentorial low-grade gliomas. *Br J Radiol* 2005; 78: 230-5.
31. Ahmadi R, Dictus C, Hartmann C, Zurn O, Edler L, Hartmann M, *et al.* Long-term outcome and survival of surgically treated supratentorial low-grade glioma in adult patients. *Acta Neurochir (Wien)* 2009; 151: 1359-65.
32. Johannesen TB, Langmark F, Lote K. Progress in long-term survival in adult patients with supratentorial low-grade gliomas: a population-based study of 993 patients in whom tumors were diagnosed between 1970 and 1993. *J Neurosurg* 2003; 99: 854-62.
33. Stummer W, Pichlmeier U, Meinel T, Wiestler OD, Zanella F, Reulen HJ. Fluorescence-guided surgery with 5-aminolevulinic acid for resection of malignant glioma: a randomised controlled multicentre phase III trial. *Lancet Oncol* 2006; 7: 392-401.
34. Curran WJ, Jr., Scott CB, Horton J, Nelson JS, Weinstein AS, Nelson DF, *et al.* Does extent of surgery influence outcome for astrocytoma with atypical or anaplastic foci (AAF)? A report from three Radiation Therapy Oncology Group (RTOG) trials. *J Neurooncol* 1992; 12: 219-27.
35. Dinapoli RP, Brown LD, Arusell RM, Earle JD, O'Fallon JR, Buckner JC, *et al.* Phase III comparative evaluation of PCNU and carmustine combined with radiation therapy for high-grade glioma. *J Clin Oncol* 1993; 11: 1316-21.
36. Jeremic B, Grujicic D, Antunovic V, Djuric L, Stojanovic M, Shibamoto Y. Influence of extent of surgery and tumor location on treatment outcome of patients with glioblastoma multiforme treated with combined modality approach. *J Neurooncol* 1994; 21: 177-85.
37. Shibamoto Y, Yamashita J, Takahashi M, Yamasaki T, Kikuchi H, Abe M. Supratentorial malignant glioma: an analysis of radiation therapy in 178 cases. *Radiother Oncol* 1990; 18: 9-17.
38. Simpson JR, Horton J, Scott C, Curran WJ, Rubin P, Fischbach J, *et al.* Influence of location and extent of surgical resection on survival of patients with glioblastoma multiforme: results of three consecutive Radiation Therapy Oncology Group (RTOG) clinical trials. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1993; 26: 239-44.
39. Nitta T, Sato K. Prognostic implications of the extent of surgical resection in patients with intracranial malignant gliomas. *Cancer* 1995; 75: 2727-31.
40. Barker FG, 2nd, Prados MD, Chang SM, Gutin PH,

- Lamborn KR, Larson DA, *et al.* Radiation response and survival time in patients with glioblastoma multiforme. *J Neurosurg* 1996; 84: 442-8.
41. Buckner JC, Schomberg PJ, McGinnis WL, Cascino TL, Scheithauer BW, O'Fallon JR, *et al.* A phase III study of radiation therapy plus carmustine with or without recombinant interferon-alpha in the treatment of patients with newly diagnosed high-grade glioma. *Cancer* 2001; 92: 420-33.
 42. Lamborn KR, Chang SM, Prados MD. Prognostic factors for survival of patients with glioblastoma: recursive partitioning analysis. *Neuro Oncol* 2004; 6: 227-35.
 43. Brown PD, Maurer MJ, Rummans TA, Pollock BE, Ballman KV, Sloan JA, *et al.* A prospective study of quality of life in adults with newly diagnosed high-grade gliomas: the impact of the extent of resection on quality of life and survival. *Neurosurgery* 2005; 57: 495-504; discussion 495-504.
 44. Ushio Y, Kochi M, Hamada J, Kai Y, Nakamura H. Effect of surgical removal on survival and quality of life in patients with supratentorial glioblastoma. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2005; 45: 454-60; discussion 460-1.
 45. Stark AM, Nabavi A, Mehdorn HM, Blomer U. Glioblastoma multiforme-report of 267 cases treated at a single institution. *Surg Neurol* 2005; 63: 162-9; discussion 169.
 46. Nomiya T, Nemoto K, Kumabe T, Takai Y, Yamada S. Prognostic significance of surgery and radiation therapy in cases of anaplastic astrocytoma: retrospective analysis of 170 cases. *J Neurosurg* 2007; 106: 575-81.
 47. Huber A, Beran H, Becherer A, Prosenc N, Witzmann A. [Supratentorial glioma: analysis of clinical and temporal parameters in 163 cases]. *Neurochirurgia (Stuttg)* 1993; 36: 189-93.
 48. Hollerhage HG, Zumkeller M, Becker M, Dietz H. Influence of type and extent of surgery on early results and survival time in glioblastoma multiforme. *Acta Neurochir (Wien)* 1991; 113: 31-7.
 49. Prados MD, Gutin PH, Phillips TL, Wara WM, Larson DA, Sneed PK, *et al.* Highly anaplastic astrocytoma: a review of 357 patients treated between 1977 and 1989. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1992; 23: 3-8.
 50. Duncan GG, Goodman GB, Ludgate CM, Rheaume DE. The treatment of adult supratentorial high grade astrocytomas. *J Neurooncol* 1992; 13: 63-72.
 51. Sandberg-Wollheim M, Malmstrom P, Stromblad LG, Anderson H, Borgstrom S, Brun A, *et al.* A randomized study of chemotherapy with procarbazine, vincristine, and lomustine with and without radiation therapy for astrocytoma grades 3 and/or 4. *Cancer* 1991; 68: 22-9.
 52. Phillips TL, Levin VA, Ahn DK, Gutin PH, Davis RL, Wilson CB, *et al.* Evaluation of bromodeoxyuridine in glioblastoma multiforme: a Northern California Cancer Center Phase II study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1991; 21: 709-14.
 53. Kowalczyk A, Macdonald RL, Amidei C, Dohrmann G, 3rd, Erickson RK, Hekmatpanah J, *et al.* Quantitative imaging study of extent of surgical resection and prognosis of malignant astrocytomas. *Neurosurgery* 1997; 41: 1028-36; discussion 1036-8.
 54. Levin VA, Yung WK, Bruner J, Kyritsis A, Leeds N, Gleason MJ, *et al.* Phase II study of accelerated fractionation radiation therapy with carboplatin followed by PCV chemotherapy for the treatment of anaplastic gliomas. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 53: 58-66.
 55. Puduvalli VK, Hashmi M, McAllister LD, Levin VA, Hess KR, Prados M, *et al.* Anaplastic oligodendrogliomas: prognostic factors for tumor recurrence and survival. *Oncology* 2003; 65: 259-66.
 56. Tortosa A, Vinolas N, Villa S, Verger E, Gil JM, Brell M, *et al.* Prognostic implication of clinical, radiologic, and pathologic features in patients with anaplastic gliomas. *Cancer* 2003; 97: 1063-71.
 57. Sanai N, Berger MS. Glioma extent of resection and its impact on patient outcome. *Neurosurgery* 2008; 62: 753-64; discussion 264-6.
 58. Olson JJ, Fadul CE, Brat DJ, Mukundan S, Ryken TC. Management of newly diagnosed glioblastoma: guidelines development, value and application. *J Neurooncol* 2009; 93: 1-23.
 59. Kurimoto M, Hayashi N, Kamiyama H, Nagai S, Shibata T, Asahi T, *et al.* Impact of neuronavigation and image-guided extensive resection for adult patients with supratentorial malignant

- astrocytomas: a single-institution retrospective study. *Minim Invasive Neurosurg* 2004; 47: 278-83.
60. Erdogan N, Tucer B, Mavili E, Menku A, Kurtsoy A. Ultrasound guidance in intracranial tumor resection: correlation with postoperative magnetic resonance findings. *Acta Radiol* 2005; 46: 743-9.
 61. Nossek E, Korn A, Shahar T, Kanner AA, Yaffe H, Marcovici D, *et al.* Intraoperative mapping and monitoring of the corticospinal tracts with neurophysiological assessment and 3-dimensional ultrasonography-based navigation. *J Neurosurg.*
 62. Berger MS, Cohen WA, Ojemann GA. Correlation of motor cortex brain mapping data with magnetic resonance imaging. *J Neurosurg* 1990; 72: 383-7.
 63. 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: 59-71; discussion 71-2.
 64. 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: 2255-61.
 65. Weiller C, Chollet F, Friston KJ, Wise RJ, Frackowiak RS. Functional reorganization of the brain in recovery from striatocapsular infarction in man. *Ann Neurol* 1992; 31: 463-72.
 66. Skirboll SS, Ojemann GA, Berger MS, Lettich E, Winn HR. Functional cortex and subcortical white matter located within gliomas. *Neurosurgery* 1996; 38: 678-84; discussion 684-5.
 67. Foerster O. The cerebral cortex of man. *Lancet* 1931; 2: 309-312.
 68. Penfield W, Bolchey E. Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. *Brain* 1937; 60: 389-443.
 69. Duffau H, Lopes M, Arthuis F, Bitar A, Sichez JP, Van Effenterre R, *et al.* Contribution of intraoperative electrical stimulations in surgery of low grade gliomas: a comparative study between two series without (1985-96) and with (1996-2003) functional mapping in the same institution. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2005; 76: 845-51.
 70. Tróccoli G, Echevarría G, Torresi S, Villar D, D'Annuncio E, Campero A, *et al.* Resección de lesiones cerebrales en área Rolándica con mapeo cortical intraoperatorio *Rev Argent Neuroc* 2006; 20: 1-6.
 71. Banoub M, Tetzlaff JE, Schubert A. Pharmacologic and physiologic influences affecting sensory evoked potentials: implications for perioperative monitoring. *Anesthesiology* 2003; 99: 716-37.
 72. Sloan TB, Heyer EJ. Anesthesia for intraoperative neurophysiologic monitoring of the spinal cord. *J Clin Neurophysiol* 2002; 19: 430-43.
 73. Jou IM, Chern TC, Chen TY, Tsai YC. Effects of desflurane on spinal somatosensory-evoked potentials and conductive spinal cord evoked potential. *Spine (Phila Pa 1976)* 2003; 28: 1845-50.
 74. Sloan TB. Anesthetic effects on electrophysiologic recordings. *J Clin Neurophysiol* 1998; 15: 217-26.

Correspondencia:

Francisco Mery

E-mail: fjmary@med.puc.cl