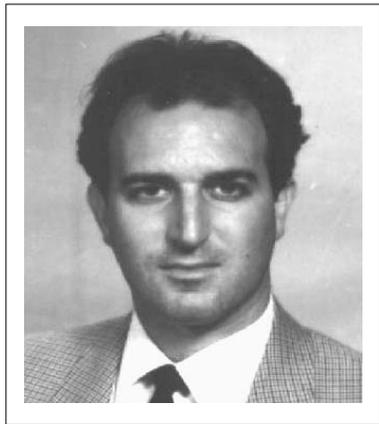


# Resección quirúrgica de tumores cerebrales malignos con guía estereotáxica



**DR. SERGIO A SACCHETTONI**

*Neurocirujano*

*Especialista en Neurocirugía Funcional y Oncológica. Servicio de Neurocirugía del Hospital de Clínicas, de Caracas.  
Centro Médico Docente "La Trinidad"  
Hospital "Vargas", de Caracas  
Laboratorio de Neurociencias.  
sacchettoni@gmail.com*

### Resumen

Los autores reportan un estudio clínico de fase I sobre una técnica quirúrgica para reseccionar tumores gliales ubicados en o cerca de estructuras motoras cerebrales (área cortical motora o cápsula interna). La resección quirúrgica en estas regiones siempre conlleva un alto riesgo de lesión de la función motora. Para reducir este riesgo se ha preconizado el uso de abordajes guiados por estereotaxia computarizada ("neuronavegación"), ultrasonografía intraoperatoria, resonancia magnética (RM) intraoperatoria o registro cortical intraoperatorio. No obstante, estos artefactos tecnológicos son muy costosos o requieren de una especial experiencia para poder aplicarlas masivamente. En este trabajo se describe una manera más sencilla de reseccionar tumores gliales de bordes definidos por las neuroimágenes, colocando con guía estereotáxica marcas de algodón (Cotonoides®, de Codman®) embebidas en azul de tripano. Las marcas se colocan: una en el centro volumétrico y/o en el fondo del tumor y otras 3 ó 4 marcas en los bordes contiguos a la(s) estructura(s) motora(s) que se desea preservar. Luego se realiza la craneotomía y corticotomía de la manera convencional. En el abordaje se sigue el hilo de la marca central o del fondo. Una vez llegado al tumor, la resección prosigue de manera usual deteniéndola cada vez que se encuentre alguna marca de los bordes. En aquellos bordes donde no se colocó marca alguna la resección termina según el criterio del cirujano. Esta serie consta de 12 casos de gliomas de diversos grados ubicados cerca del área cortical motora o de la cápsula interna. La función motora y la calidad de vida fueron evaluadas clínicamente utilizando las escalas de fuerza muscular y de Karnofsky, respectivamente. La extensión de la resección se apreció comparando las imágenes por resonancia magnética (RM) pre y posoperatoria. Se logró la resección macroscópica completa del tumor en todos los casos. En 2 de los 12 pacientes la fuerza muscular empeoró de manera transitoria y en 4 pacientes (incluyendo los dos primeros) disminuyó el puntaje en la escala de Karnofsky. Se concluye que se justifica continuar este trabajo con un estudio clínico de fase II pues se pudo obtener la resección completa sin mayor morbilidad.

**Palabras clave:** estereotaxia; gliomas; técnica quirúrgica; neuronavegación

## Abstract

The authors reports a Phase I clinic study of a surgical technique for resecting glial tumors located in or near cerebral motor structures (motor cortical area or internal capsule). Gliomas resection in this location always carries a significant risk of injury of motor function. To reduce this kind of risk, it has been advocated the use of computer-assisted stereotactic volumetric approach (neuronavigation), intraoperative ultrasonography, intraoperative magnetic resonance (MR) or intraoperative cortical recording. However, this technological devices are costly or requires special expertise to be applied adequately and massively. In order to find a simpler manner to resect imagenologically defined tumors, the author performed guided resection of tumors by stereotactically placing cotton marks embedded in trypan blue. The first mark is placed at the volumetric center of the tumor and/or at its bottom; other 3 to 4 marks are placed at the borders, adjacent to the motor structure to be spared. Once the marks are placed, craniotomy is performed followed by a corticotomy as conventionally. The approach is continued by following the cord of the mark placed in the center or at the bottom. Once the tumor is reached, resection is done as usual, stopping every time an edge/border mark is encountered. Edges where no mark has been placed, the end of the resection will depend upon surgeon's own criterion. This series include 12 cases operated on for gliomas of variable grade, located adjacent to the motor area or to the internal capsule. Motor function and life quality were clinically assessed, using the motor scale (muscle strength grade) and quality of life using the Karnofsky's scale, respectively. Anatomically, tumor resection was assessed comparing pre and post operative MR. Gross-total resection was accomplished in all cases. In 2 out of a total of 12 patients motor function worsened temporarily, and 4 patients diminished grading in the Karnofsky's scale (including 2 first patients). The authors conclude that this modality for stereotactic navigation is feasible to be continued at a Phase II study, in view that, in this series, surgical resection was totally achieved without major morbidity.

**Key words:** stereotaxis; gliomas; surgical technique; neuronavigation

## Introducción

Los tumores cerebrales están en el grupo de las enfermedades que más impactan y desmoralizan al ser humano y tienen un carácter más trágico si se presentan en la infancia. Tienen una frecuencia de 2-9/100.000 habitantes/año y causan el 2% de las muertes. En Venezuela, según el anuario de mortalidad del Ministerio de Salud y Desarrollo Social del año 2000, el cáncer sigue siendo la segunda causa de muerte entre los 5 y 14 años con el 12,62%, después de los accidentes, y es la tercera causa de muerte entre los 14 y 24 años con el 4,07%.

El cerebro es el sitio anatómico más afectado por los tumores sólidos en niños y adolescentes con el 21,6% del total de casos.<sup>1,2</sup>

La detección de los tumores cerebrales aumenta a medida que mejoran la tecnología para su diagnóstico y la expectativa de vida. Gracias a la adopción de recursos tecnológicos más apropiados, la ejecución de intervenciones más precoces y la utilización de terapias adyuvantes más adecuadas, el pronóstico de sobrevida de estos pacientes se ha tornado más favorable. Entre estos recursos tenemos técnicas de adquisición de imágenes acopladas a la estereotaxia quirúrgica (como los sistemas de neuronavegación), electrofisiología (como el microrregistro intracerebral) y neuroquímica intraoperatoria (como la microdialísis intracerebral)<sup>3-5</sup> y los adelantos en quimioterapia (como la aparición de la temozolamida), radioterapia (como la radioterapia conformacional por acelerador de partículas, gamma-radiocirugía estereotáxica), inmunoterapia<sup>6-8</sup> y biología molecular y genética.<sup>9-11</sup> A pesar del entusiasmo generado por las investigaciones en estas dos últimas modalidades, la cirugía complementada con la radioterapia y la quimioterapia sigue siendo la mejor herramienta terapéutica, aunque con un índice de curación muy bajo para los tumores malignos. De hecho, esto representa un enorme reto para el neurocirujano ya que aún no hay una opción realmente curativa.

Para los gliomas de grados 1 y 2, según la escala de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se ha podido obtener resultados bastante aceptables con los nuevos agentes quimioterápicos<sup>12-16</sup> y/o ciertas técnicas de radioterapia bien dirigidas, particularmente la radioterapia conformacional<sup>17-21</sup> y la braquiterapia o radioterapia intersticial, que comprende la colocación de radioisótopos dentro del lecho tumoral.<sup>22-27</sup>

Una resección quirúrgica bien dirigida para eliminar el máximo de tejido tumoral, y al mismo tiempo minimizar el riesgo de lesión de tejido sano circundante, reduce notablemente las secuelas posoperatorias y permite una mejor calidad de vida al paciente.<sup>28-32</sup> El objetivo que se desea lograr con los sistemas de neuronavegación computarizados disponibles actualmente es una buena delimitación del tumor con la técnica estereotáxica. No obstante, la delimitación está basada sólo en imágenes preoperatorias y estas no varían según los cambios anatómicos que se producen con el avance de la cirugía.<sup>33,34</sup> Para compensar esta variable se ideó la resonancia magnética (RM) intraoperatoria que adquiere imágenes periódicamente durante la cirugía y así se puede conocer el progreso de la operación, es decir, cuánto queda de tumor por resecar o hacer modificaciones del curso quirúrgico, según el caso.<sup>35-37</sup>

Lamentablemente, instalar un sistema de RM intraoperatorio y/o de neuronavegación computarizada en todo quirófano de neurocirugía es sumamente costoso como para pretender masificar esta técnica. Tanto más que en los casos de glioma maligno,

comparando el costo que representaría cada cirugía frente al poco impacto en la supervivencia del paciente, no se justifica tal esfuerzo económico.

También hay otras opciones, entre ellas la ultrasonografía intraoperatoria y el registro cortical intraoperatorio; sin embargo, el empleo adecuado de estos recursos tecnológicos requiere de una especial experiencia lo que dificulta su aplicación masiva.

Ante tal realidad hemos querido aplicar un sistema menos costoso, mucho menos complejo tecnológicamente, más asequible, para demarcar los límites del tumor en el intraoperatorio de tal manera que nos ayude a efectuar la resección con la mayor preservación de tejido circundante posible. Este trabajo prospectivo de pocos casos se realizó como un estudio clínico de fase I con el objetivo de comprobar que la resección guiada por estereotaxia no resulta lesiva para el paciente. Con estos resultados iniciaríamos posteriormente un estudio clínico de fase II con el cual estudiaremos otras variables y efectuaremos las comparaciones correspondientes.

## Pacientes y métodos

**Pacientes.** Se operó a 12 pacientes con gliomas de diversos grados de malignidad, cuya ubicación fuese profunda, colindando con la cápsula interna o regiones corticales motoras, diagnosticados con la ayuda de la resonancia magnética (RM) cerebral preoperatoria; el diagnóstico se confirmó mediante el estudio histopatológico posoperatorio. La finalidad de aplicar la resección guiada por estereotaxia fue preservar la función motora del paciente utilizando la técnica quirúrgica que se describirá a continuación. Se examinó la presencia de algún déficit motor (plejía o paresia), medido en una escala de 5 puntos para la fuerza muscular (Tabla 1), así como la calidad de vida según la escala de Karnofsky (Tabla 2), antes y una semana después de la cirugía. El grado de resección del tumor se apreció comparando las imágenes por RM pre y posoperatoria.

### Técnica quirúrgica

La idea general de la técnica que se describirá a continuación puede apreciarse en la Figura 1: Luego de colocar y fijar el aro estereotáxico (Sistema Estereotáxico, Micromar®, Diadema, São Paulo, Brasil) en la tabla externa del cráneo del paciente y de colocar los marcadores fiduciales o fiduciales, se realiza una RM para el cálculo de las coordenadas. La RM se efectúa sin y con sustancia de contraste (gadolinio). Se selecciona la técnica con la que mejor se contrasten los bordes del tumor; en la mayoría de los casos, y según la naturaleza del glioma, es con la secuencia T1 con contraste; en raras ocasiones empleamos la secuencia T2 sin contraste.

Se escoge varios puntos que guiarán la resección del tumor. Para guiar el abordaje se escoge el centro del tumor ("blanco" o "punto central"), luego 3 ó 4 puntos

Tabla 1. Escala objetiva para medir el grado de pérdida de fuerza muscular.

1. No hay movimiento (plejía).
2. Debilidad muscular del miembro y solo puede moverlo sobre superficie.
3. Debilidad muscular del miembro pero puede levantarlo (vence la gravedad).
4. Debilidad muscular del miembro pero puede levantarlo contra una resistencia leve.
5. Moviliza el miembro normalmente. Fuerza muscular normal.

en los bordes aparentes del tumor que colinden con las regiones motoras, como las circunvoluciones centrales pre y postrolándicas o la cápsula interna ("puntos límites"), en el plano donde se corta el tumor en su parte más ancha ("ecuador") siempre que sea posible. En no pocas ocasiones se escoge un último punto inferior para delimitar la profundidad de la resección ("punto profundo") y preservar las estructuras mesencefálicas, cuando así lo requiera el caso. Se determina las coordenadas de todos estos puntos.

Una vez el paciente en el quirófano, bajo anestesia general y medidas de asepsia y antisepsia habituales, se escoge el sitio más adecuado para la craneotomía siguiendo los criterios convencionales. En seguida se coloca el arco estereotáxico con las coordenadas del "punto central" y se introduce la aguja hasta tocar la piel. Esta marca es el centro de la craneotomía. El arco es llevado aparte y se procede a la incisión y craneotomía.

Hecha la craneotomía y antes de abrir la duramadre se coloca el arco nuevamente, esta vez con las coordenadas del "punto profundo" o, en su defecto, del "punto central". Se aproxima la aguja hasta la duramadre y se abre una muy pequeña incisión de tal forma que prácticamente haya escasa salida de líquido cefalorraquídeo (LCR) (Fig. 2). Se avanza una aguja guía gruesa hasta este punto; normalmente usamos la cánula para evacuación de quistes cerebrales (Micromar®). Retiramos el mandril e introducimos una lámina de algodón con un hilo radioopaco (Cotonoide®, Codman®, Johnson & Johnson®) embebida en azul de tripano de tal forma que la lámina de algodón quede anclada en el parénquima y el hilo salga al exterior por la aguja guía. Se retira la aguja con mucho cuidado observando que el hilo de la lámina de algodón quede en su sitio. Al terminar de retirar la aguja debe verse el hilo que sobresale de la incisión de la duramadre (Fig. 3). El mismo procedimiento se realiza para cada "punto límite", entrando siempre por la misma incisión dural.

A continuación se abre la duramadre con un corte arciforme convencional que incluya la pequeña incisión hecha (Fig. 3).

Tabla2. Escala de Karnofsky para medir calidad de vida.

Actividades	Puntuación	Equivalente Físico
Normal, sin quejas faltan indicios de enfermedad.	100	
Lleva a cabo una actividad normal con síntomas leves	90	Capaz de trabajo y actividades normales, sin necesidad de cuidados especiales.
Actividad normal con esfuerzo.		
Algunos síntomas o signos importantes.	80	
Capaz de cuidarse, incapaz de actividad normal o de trabajo activo	70	No apto para el trabajo. Capaz de vivir en su casa, satisfacer la mayoría de sus necesidades.
Requiere atención ocasional, pero es capaz de satisfacer la mayoría de sus necesidades	60	Necesita una ayuda de importancia variable.
Necesita ayuda importante y asistencia médica frecuente	50	
Incapaz, necesita ayuda y asistencia especiales	40	Incapaz de satisfacer sus equivalente a la de un hospital.
Hospitalización y tratamiento		
Totalmente incapaz, necesita de soporte activo	30	Necesidades, necesita asistencia La enfermedad puede agravarse rápidamente.
Gravemente enfermo		
Tratamiento activo necesario	20	
Moribundo, irreversible	10	
Muerto	0	Muerto

Escala de Karnofsky para calidad de vida y autosuficiencia (Karnofsky DA, Abelmann WH, Graver LF y col. The use of nitrogen mustards in the palliative treatment of carcinom. Cancer 1:634-656, 1948).

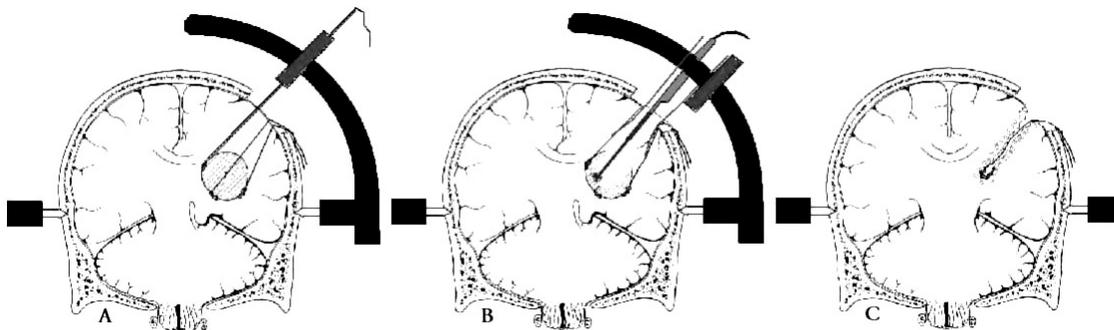


Figura 1: Esquema del método de abordaje y delimitación estereotáxica descrita en este trabajo. A) Se escogen algunos puntos límites para la resección tumoral cuyos bordes colindan con estructuras motoras que se desean preservar. Estos puntos son marcados con láminas de algodón (Cottonoid) que se colocan mediante la técnica estereotáxica. B) Se procede a la resección del tumor sin excederse de los puntos marcados. C) Con una resección delimitada se espera no lesionar las estructuras protegidas por la demarcación.

Finalmente, se coloca el arco con las coordenadas del "punto central", se escoge un punto central de entrada en la corteza y se avanza la aguja hasta este punto, se deja una lámina de algodón y se retira la aguja y el arco.

Después de coagular con pinza bipolar la aracnoides y la piamadre se procede a la corticotomía para abordar el glioma. El abordaje se realiza siguiendo el hilo "central" y se profundiza de manera convencional utilizando aspiración, coagulación bipolar y espátulas. Se identifica el tejido tumoral por el cambio de consistencia y/o de coloración del tejido y se identifica también la lámina de algodón "central". Aquí se fija las espátulas con autoestáticos y se inicia la resección hacia los lados y en profundidad.

En este punto ya se puede encontrar algunos de los hilos que descienden hacia el tumor. Se reconoce cuál de ellos va al "punto profundo", por su trayecto hacia el centro y debajo del tumor, y se le sigue. Al encontrar la lámina de algodón "profunda" detenemos la resección hacia abajo y continuamos la resección hacia los lados, imaginándonos seguir la forma volumétrica del tumor, hasta encontrar tejido cerebral sano (hacia los lados donde no hay "marcas") o hasta encontrar las láminas de algodón "límites". Es obvio que si la colocación estuvo acertada, encontrar una de estas láminas de algodón coincide con la aparición de tejido cerebral sano. En este momento se detiene la operación. Se retira todas las láminas de algodón con sus hilos, se constata la correcta hemostasia y se cierra normalmente.



Figura 2: Abordaje y resección guiados por estereotaxia. A) La craneotomía se hace respetando las áreas “elocuentes” como se hace convencionalmente y de manera que se ubique sobre el centro del tumor. B) Se confirma que el centro del tumor se encuentra debajo de la craneotomía acercando una aguja dirigida a las coordenadas del blanco “central”. C) A través de un pequeño agujero en la duramadre se introduce la primera marca estereotáxica (una lámina de algodón con una cuerda de referencia Cottonoid® de Johnson & Johnson®, embebida con azul tripano), generalmente al punto “central” del tumor.

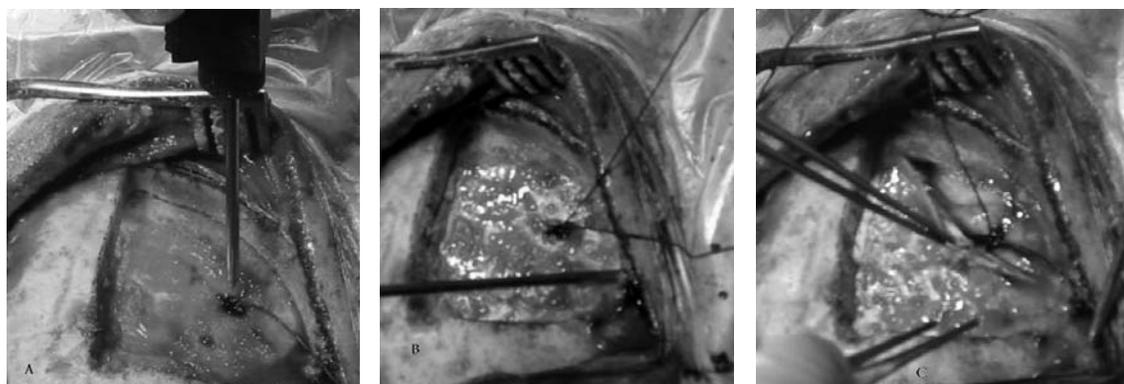


Figura 3: Abordaje y resección guiados por estereotaxia. A) La primera marca (lámina de algodón Cottonoid® de Johnson & Johnson®, embebida en azul tripano) ya ha sido introducida (blanco “central”) y el hilo testigo (a manera de “hilo de Ariadna”) sale de la duramadre. B) Una segunda marca (en este caso fué un blanco “lateral”) ya fué introducida. C) Partiendo del pequeño agujero por donde se introdujeron las marcas, se abre la duramadre.

### Seguimiento posoperatorio

Se examina la función motora del paciente una vez egresado de la unidad de cuidados intensivos. La valoración de la calidad de vida empleando la escala de Karnofsky se realiza dentro de un lapso no mayor de un mes luego del egreso. Se realiza una RM cerebral a partir de la segunda semana posoperatoria y se observa la calidad de la resección. Por la naturaleza del diseño de este estudio y sus objetivos, no se planificó medir la supervivencia y/o efectividad de las terapias adyuvantes (químico o radioterapia) de este tipo de cirugía.

### Resultados

De los 12 pacientes, 4 ya tenían déficit motor parcial antes de la cirugía y estaban entre los primeros de este estudio (Tabla 3). En 2 pacientes empeoró la fuerza motora luego de la cirugía, pero esto fue transitorio y la recuperaron en 2 y 6 meses, respectivamente. Se atribuyó este déficit principalmente al edema peri operatorio puesto que, como se dijo líneas arriba, las lesiones se ubicaban cerca de las regiones motoras. En 4 pacientes disminuyó la calidad de vida. En 2 de ellos esto estaba directamente relacionado con la disminución de la fuerza muscular.

En los otros 2, aunque no hubo una pérdida franca de la fuerza muscular, sí hubo pérdida de la destreza, quizás por una lesión sobre el área sensitiva que impidió a la corteza tener información propioceptiva de los miembros, lo que a su vez dio como resultado una ataxia sensorial.

Las imágenes por RM mostraron en todos los pacientes, excepto en los 2 primeros, una resección tumoral que se ajustaba a los límites aparentes del tumor (Figs. 4 y 5).

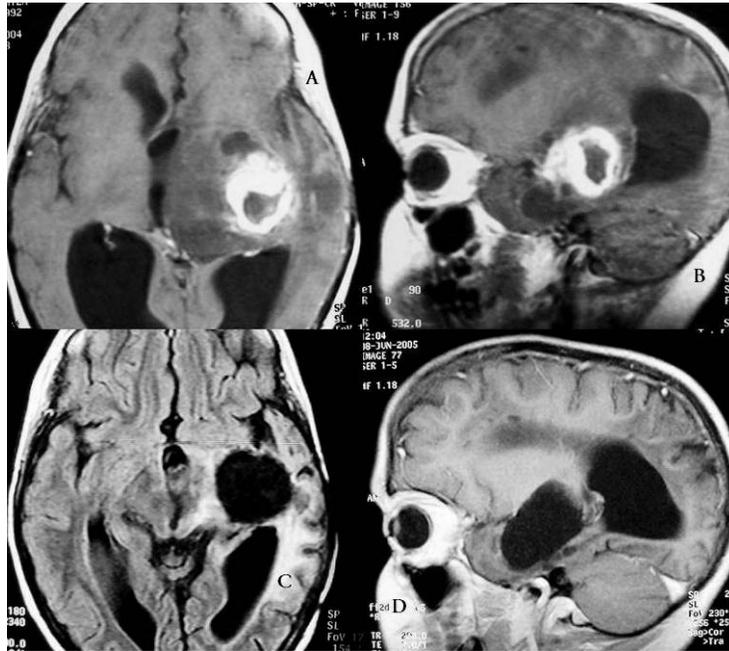


Figura 4: Imágenes por resonancia magnética (RM) cerebral de un niño portador de un glioma profundo (astrocitoma pilocítico) operado con guía y delimitación estereotáxica. A y B son cortes axiales y sagitales preoperatorios; C y D son cortes similares al 1er mes del postoperatorio.

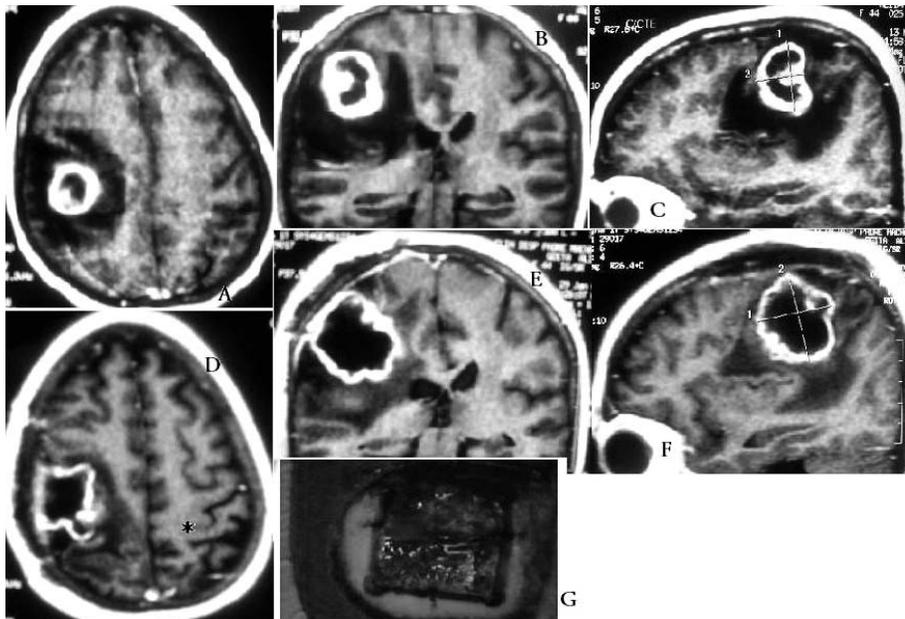


Figura 5: Imágenes por resonancia magnética (RM) cerebral de una mujer portador de un glioma cerca de la cisura de Rolando (astrocitoma grado III) operado con guía y delimitación estereotáxica. A, B y C son cortes axiales, coronales y sagitales preoperatorios; D (ver la cisura de Rolando con el asterisco \* en el lado opuesto del tumor), E y F son cortes similares al 7mo día de operada. Nótese en D la mínima invasión quirúrgica sobre la circunvolución precentral (paciente IJN de la tabla 3). En G se aprecia el tipo de craneotomía que se realizó para este abordaje.

Tabla 3: Resultados en la fuerza muscular (columna "FM") y en la calidad de vida (columna "CV") medidos por la escala de fuerza motora y de Karnofsky en los pacientes antes y después de ser operados. El \* señala aquellos pacientes que disminuyeron su puntaje después de la operación.

	Preoperatorio		Postoperatorio	
	FM	CV	FM	CV
1. JCR	2	40	2	40
2. EM	5	90	3*	60*
3. YR	1	50	1	50
4. JG	2	50	2	50
5. EM	5	90	5	80*
6. KF	3	80	3	80
7. FRJ	5	90	5	90
8. WS	5	80	5	80
9. LJN	5	70	3*	50*
10. TR	5	100	5	100
11. OP	5	90	5	90
12. FEF	5	100	5	80*

## Discusión

Inicialmente, las coordenadas cartesianas estereotáxicas se aplicaban y se siguen aplicando para cirugías que podríamos llamar "de un solo punto", es decir para ejercer una acción en uno o algunos pocos puntos intracerebrales, como por ejemplo la palidotomía con termocoagulación por radiofrecuencia, el implante de electrodos en el núcleo subtalámico, la biopsia tumoral, la punción y drenaje de quistes o el implante de radioisótopos. Desde hace algunas décadas se ha querido usar las coordenadas cartesianas para cirugías que podríamos llamar "volumétricas" o "de volumen", es decir para definir volúmenes en vez de puntos y ejercer la acción operadora sobre este volumen definido por las coordenadas; en otras palabras, para definir los límites de un tumor que puedan ser trasladados de los sistemas de imágenes al campo operatorio y así guiar la resección del tumor. Los trabajos de Kelly son muy ilustrativos<sup>38-40</sup> pues describen un método que consistía en la adaptación de un microscopio quirúrgico a un sistema estereotáxico acondicionado de tal modo que permitía la proyección de la imagen tomográfica del tumor en el campo visual del microscopio. A medida que el microscopio cambiaba la profundidad del enfoque, cambiaba el corte tomográfico visible correspondiente a la nueva posición. Este ingenioso sistema no era más que una versión analógica de los sistemas de neuronavegación digitales que vinieron después.

Los nuevos sistemas de neuronavegación logran sus referencias externas con 3 ó 4 marcas adheridas a la piel o al cráneo del paciente,<sup>41</sup> que también son detectadas por los estudios de imágenes (son radioopacos a los rayos X del TC o intensos a la RM). En el quirófano, por medio de un sistema de detección espacial compuesto por dos cámaras emisoras de flashes infrarrojos se localiza las 3 ó 4 referencias, que son marcadores que reflejan los flashes infrarrojos, y la computadora los fija en el sistema tridimensional. Los instrumentos que son utilizados durante la craneotomía y abordaje quirúrgico tienen también marcadores reflectantes y, a medida que avanza la cirugía, el sistema los detecta y muestra en la pantalla de la computadora los cortes con las imágenes correspondientes al plano quirúrgico. Estos sistemas, si bien son muy ingeniosos y de alta tecnología, tienen el inconveniente de mostrar siempre una imagen preoperatoria e ignoran los cambios anatómicos que se derivan de la cirugía y la pérdida del LCR.<sup>33</sup> Esto se ha querido corregir con el advenimiento de la RM intraoperatoria, pero esta tecnología tiene el inconveniente de ser muy costosa. Si no queremos perder de vista el axioma que la Neurocirugía no sólo debe perfeccionarse siempre sino que debe ser cada vez más asequible a toda la población, no podemos esperar que artefactos tecnológicos costosos estén presentes masivamente en toda la región. Un método alternativo y económico para el seguimiento intraoperatorio es la utilización de la ultrasonografía,<sup>42,43</sup> que requiere cierta experiencia; sin embargo, es una tendencia que está teniendo mayor aceptación.

El método que proponemos y que hemos ido perfeccionando tiene varias ventajas: es sencillo, es aceptablemente preciso, es económico y varía según los cambios anatómicos producidos por la cirugía. Durante nuestras primeras experiencias,<sup>44</sup> con pacientes no incluidos en este trabajo, usábamos sólo el azul de tripano como marca; inmediatamente observamos que este colorante difundía mucho más allá de su sitio de aplicación. Luego, comenzamos a utilizar sólo las láminas de algodón (Cotonoides®) como marcas; pero también observamos que estas se confundían con el parénquima cerebral y/o con la sangre del campo quirúrgico. Fue así que quisimos combinar ambas ideas: utilizar la lámina de algodón embebida en azul de tripano. Si encontrábamos la coloración azulada ya sabíamos que encontraríamos la lámina de algodón en las cercanías, y por ende desde ese momento tendríamos que avanzar la cirugía con más cautela.

En el grupo de pacientes del presente estudio no hubo empeoramiento alguno de su estado neurológico que no pudiera ocurrir con la cirugía convencional. El método resulta ser fácil de aplicar una vez que el cirujano se familiariza con este y también muy económico pues es factible con un mínimo de materiales necesarios que se pueden encontrar en casi cualquier ambiente neuroquirúrgico.

Los resultados observados en las imágenes por RM posoperatoria son satisfactoriamente aceptables en

cuanto al volumen tumoral resecado. Estos resultados nos estimulan a continuar empleando este método hasta lograr un número de casos que nos permitan finalmente hacer inferencias con significancia estadística y relevancia clínica.

## Referencias

- Santos, S. Epidemiología del Cáncer Pediátrico. En: Libro de Ponencias: L Congreso Nacional de Pediatría "Dr. Francisco Finizola Celli". Villa Bellas Artes, Barquisimeto - Estado Lara; 28 de agosto - 3 de septiembre de 2004. Caracas: Sociedad Venezolana de Puericultura y Pediatría. Archivos Venezolanos de Puericultura y Pediatría; 2004. p. 13-6.
- Ministerio de Salud y Desarrollo Social de la República Bolivariana de Venezuela – MSDS. Anuario de Mortalidad 2000. Caracas: MSDS; 2001.
- Sacchettoni SA, García Y, Teneud L, Onay D, Rada P, Galera R, et al. Neuroimplante, terapia genética y microdialísis cerebral en enfermedad de Parkinson [resumen]. Act Cient Ven 2000;51(1 Supl 1):143.
- Del Corral JF, Hernández L, Sacchettoni SA, García Y, Onay D, Teneud L, et al. Microdialísis cerebral en humanos: experiencia en la enfermedad de Parkinson. Arch Hosp Vargas 2000;42(2):93-6.
- Rada P, Tucci S, Teneud L, Paez X, Perez J, Alba G, et al. Monitoring gamma-aminobutyric acid in human brain and plasma microdialysates using micellar electrokinetic chromatography and laser-induced fluorescence detection. J Chromatogr B Biomed Sci Appl 1999;735(1):1-10.
- Ali S, King GD, Curtin JF, Candolfi M, Xiong W, Liu C, et al. Combined immunostimulation and conditional cytotoxic gene therapy provide long-term survival in a large glioma model. Cancer Res 2005;65(16):7194-204.
- Gomez GG, Kruse CA. Mechanisms of malignant glioma immune resistance and sources of immunosuppression. Gene Ther Mol Biol 2006;10(a):133-146.
- Gomez GG, Varella-García M, Kruse CA. Isolation of immunoresistant human glioma cell clones after selection with alloreactive cytotoxic T lymphocytes: cytogenetic and molecular cytogenetic characterization. Cancer Genet Cytogenet 2006;165(2):121-34.
- Goverdhana S, Puntel M, Xiong W, Zirger JM, Barcia C, Curtin JF, et al. Regulatable gene expression systems for gene therapy applications: progress and future challenges. Mol Ther 2005;12(2):189-211.
- Hoelzinger DB, Mariani L, Weis J, Woyke T, Berens TJ, McDonough WS, et al. Gene expression profile of glioblastoma multiforme invasive phenotype points to new therapeutic targets. Neoplasia 2005;7(1):7-16.
- King GD, Curtin JF, Candolfi M, Kroeger K, Lowenstein PR, Castro MG. Gene therapy and targeted toxins for glioma. Curr Gene Ther 2005;5(6):535-57.
- Cavaliere R, Lopes MB, Schiff D. Low-grade gliomas: an update on pathology and therapy. Lancet Neurol 2005;4(11):760-70.
- Neyns B, Sadones J, Chaskis C, De Ridder M, Keyaerts M, Veld PI, et al. The role of chemotherapy in the treatment of low-grade glioma. A review of the literature. Acta Neurol Belg 2005;105(3):137-43.
- Newton HB. Intra-arterial chemotherapy of primary brain tumors. Curr Treat Options Oncol 2005;6(6):519-30.
- Paleologos NA. Chemotherapy for low-grade gliomas. Expert Rev Neurother 2005;5(6 Suppl):S21-4.
- van den Bent MJ, Hegi ME, Stupp R. Recent developments in the use of chemotherapy in brain tumors. Eur J Cancer 2006;42(5):582-8.
- Demaria S, Bhardwaj N, McBride WH, Formenti SC. Combining radiotherapy and immunotherapy: a revived partnership. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2005;63(3):655-66.
- Hafez RF. Stereotaxic gamma knife surgery in treatment of critically located pilocytic astrocytoma: preliminary result. World J Surg Oncol 2007;5:39.
- Marcus KJ, Goumnerova L, Billett AL, Lavally B, Scott RM, Bishop K, et al. Stereotactic radiotherapy for localized low-grade gliomas in children: final results of a prospective trial. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2005;61(2):374-9.
- Mehta N, Silverberg W. Role of radiotherapy in the treatment of gliomas. Expert Rev Neurother 2005;5(6 Suppl):S51-61.
- Ozyigit G, Onal C, Gurkaynak M, Soylemezoglu F, Zorlu F. Postoperative radiotherapy and chemotherapy in the management of oligodendroglioma: single institutional review of 88 patients. J Neurooncol 2005;75(2):189-93.
- Bernstein M, Gutin PH. Interstitial irradiation of brain tumors: a review. Neurosurgery 1981;9(6):741-50.
- Corrêa CF. Radioterapia intersticial para o tratamento dos tumores encefálicos. Tese apresentada a Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de Medicina para obtenção do grau de Doctor. São Paulo; 1999. p. 143.
- Kreth FW, Faist M, Warnke PC, Rossner R, Volk B, Ostertag CB. Interstitial radiosurgery of low-grade gliomas. J Neurosurg 1995;82(3):418-29.
- Vitaz TW, Warnke PC, Tabar V, Gutin PH. Brachytherapy for brain tumors. J Neurooncol 2005 May;73(1):71-86.
- Litofsky NS, Bauer AM, Kasper RS, Sullivan CM, Dabbous OH; Glioma Outcomes Project Investigators. Image-guided resection of high-grade glioma: patient selection factors and outcome. Neurosurg Focus 2006;20(4):E16.
- Peraud A, Goetz C, Siefert A, Tonn JC, Kreth FW. Interstitial iodine-125 radiosurgery alone or in combination with microsurgery for pediatric patients with eloquently located low-grade glioma: a pilot study. Childs Nerv Syst 2007;23(1):39-46.
- Black KL, Ciacci JR. The limits of treatment of malignant gliomas. West J Med 1993;158(1):65-6.
- Keles GE, Lamborn KR, Chang SM, Prados MD, Berger MS. Volume of residual disease as a predictor of outcome in adult patients with recurrent supratentorial glioblastomas multiforme who are undergoing chemotherapy. J Neurosurg 2004;100(1):41-6.
- Mariani L, Siegenthaler P, Guzman R, Friedrich D, Fathi AR, Ozdoba C, et al. The impact of tumour volume and surgery on the outcome of adults with supratentorial WHO grade II astrocytomas and oligoastrocytomas. Acta Neurochir (Wien) 2004;146(5):441-8.
- Russell SM, Kelly PJ. Incidence and clinical evolution of postoperative deficits after volumetric stereotactic resection of glial neoplasms involving the supplementary motor area. Neurosurgery 2003;52(3):506-16.
- Talos IF, Zou KH, Ohno-Machado L, Bhagwat JG, Kikinis R, Black PM, et al. Supratentorial low-grade glioma resectability: statistical predictive analysis based on anatomic MR features and tumor characteristics. Radiology 2006;239(2):506-13.
- Dorward NL, Alberti O, Velani B, Gerritsen FA, Harkness WF, Kitchen ND, et al. Postimaging brain distortion: magnitude, correlates, and impact on neuronavigation. J Neurosurg 1998;88(4):656-62.
- Alshail E, Rutka JT, Drake JM, Hoffman HJ, Humphreys R, Phillips J, et al. Utility of frameless stereotaxy in the resection of skull base and Basal cerebral lesions in children. Skull Base Surg 1998;8(1):29-38.
- Golfinos JG, Fitzpatrick BC, Smith LR, Spetzler RF. Clinical use of a frameless stereotactic arm: results of 325 cases. J Neurosurg 1995;83(2):197-205.
- Jolesz FA, Kikinis R, Talos IF. Neuronavigation in interventional MR imaging. Frameless stereotaxy. Neuroimaging Clin N Am 2001;11(4):685-93, ix.
- Samsel E, Høgetveit JO, Cate GT, Hirschberg H. Integrated neuronavigation system with intraoperative image updating. Minim Invasive Neurosurg 2005;48(2):73-6.
- Alterman RL, Kall B, Beric A, Sterio D, Kelly PJ. Pallidal targeting with the COMPASS system. Stereotact Funct Neurosurg 1997;69(1-4 Pt 2):69-72.
- Kelly PJ. Stereotactic surgery: What is past is prologue. Neurosurgery 2000;46(1):16-27.
- Morita A, Kelly PJ. Resection of intraventricular tumors via a computer-assisted volumetric stereotactic approach. Neurosurgery 1993;32(6):920-6.
- Ammirati M, Gross JD, Ammirati G, Dugan S. Comparison of registration accuracy of skin- and bone-implanted fiducials for frameless stereotaxis of the brain: a prospective study. Skull Base 2002;12(3):125-30.
- Kanno H, Ozawa Y, Sakata K, Sato H, Tanabe Y, Shimizu N, et al. Intraoperative power Doppler ultrasonography with a contrast-enhancing agent for intracranial tumors. J Neurosurg 2005;102(2):295-301.
- Shinoura N, Takahashi M, Yamada R. Delineation of brain tumor margins using intraoperative sononavigation: implications for tumor resection. J Clin Ultrasound 2006;34(4):177-83.
- Sacchettoni SA, Merchán B, Rojas MM, Galera R, Del Corral JF. Abordaje estereotáxico para resección de gliomas. En: Libro de Ponencias: XXIV Congreso Latinoamericano de Neurocirugía. Miami, USA; marzo de 1991.

## Conclusiones

Se justifica continuar este trabajo con un estudio clínico de fase II debido a que se pudo obtener la resección completa de tumores cerebrales malignos sin mayor morbilidad.