

Costos económicos en craneotomía vigil para la resección de lesiones intracerebrales

Eduardo E. Lovo¹, Mario Minervini¹, Emilio Ahues¹, Rafael Martínez-Cortez¹, Héctor Moreira²,
Eugenia B. Arévalo³

RESUMEN

Objetivo: la técnica de craneotomía vigil (CV) ha facilitado la extracción de lesiones intracerebrales cercanas a áreas elocuentes debido a la información inmediata que se puede obtener por vía de cortico-estimulación. **Objetivo:** describir los costos económicos entre CV y anestesia general (AG). **Material y métodos:** se estudiaron los casos operados bajo CV de noviembre del 2007 a octubre del 2012 en el Hospital de Diagnóstico de El Salvador. Se analizaron 45 pacientes bajo CV con patología oncológica que fueron comparados contra 45 pacientes operados bajo AG. Se analizan costos de CV vs AG, los costos se desglosan en el procedimiento, días de estancia intrahospitalaria y en unidades intermedias. **Resultados:** el costo promedio de CV fue de 6,540 USD (6,300 – 6,900) vs 8,550 USD (8,000 - 9,000) de AG $p = 0.003$. El tiempo en quirófano fue de 257.49 minutos en CV y de 247.51 minutos para AG $p = 0.63$. El tiempo promedio hospitalización en CV fue de 2.1 días (1-4) y en AG de 2.9 días (2-5) $p = 0.004$. Tres (6.6%) pacientes de CV pasaron a unidad de cuidados intermedios (UCIM), de AG 6 (13.3%) pacientes pasaron a UCIM $p = 0.04$. La tasa de resección volumétrica según la RM control fue de 92% (40-100) en CV vs 95% (62-100) en AG, $p = 0.5$. **Conclusiones:** la CV mostró ser más económica que AG e incurre en menor hospitalización. Las series no fueron comparables en cuanto a cercanía de lesiones a elocuencia y complicaciones ya que la mayoría de casos en dichas áreas fueron operados por CV.

Palabras clave: tumor cerebral, cirugía, craneotomía vigil, neoplasia cerebral, costos.

Economic costs vigil craniotomy for resection of intracranial lesions

ABSTRACT

Objective: awake craniotomy (CV) technique has facilitated for many years the extraction of intracerebral lesions near eloquent cortex due to the immediate information that can be obtained via cortico-stimulation. **The objective of the present study was to investigate comparative costs at our center between CV and general anesthesia (AG).** **Method:** we analyzed the cases that were operated under CV from November 2007 to October 2012 at the Hospital de Diagnóstico de El Salvador. During this period 63 patients were operated using CV, 45 patients with oncological pathology were chosen that could be compared to 45 patients that were operated by the same team but under AG. Comparative costs were studied and broken down in the direct cost of procedure, hospital stay in regular and intermediate care units. A brief description of the techniques used is provided and clinical results with regards to volumetric resection and neurological complications. **Results:** the average cost of CV was 6,540 USD (6,300 – 6,900) versus 8,550 USD (8,000 - 9,000) of AG $p = 0.003$. Operating room time was 257.49 minutes in CV and 247.51 minutes for AG $p = 0.63$. The average hospitalization time was in CV 2.1 days (1-4) and 2.9 days in AG (2-5) $p = 0.004$. Three (6.6%) patients of CV needed Intermediate Care (UCIM), in AG 6 (13.3%) patients needed UCIM $p = 0.04$. The proportion of lesions next to or in eloquent cortex was CV (36) versus AG (15) 2.4:1 $p = 0.0031$.

Volumetric resection according MRI was 92% (40-100) in CV vs 95% (62-100) in AG, p.0.5. *Conclusions:* awake craniotomy showed to be less expensive than AG and has less hospital stay. Both series were not comparable with regards to tumor resection in eloquent or near eloquent cortex and complications due to the fact that most of the complex cases were operated under CV.

Key words: brain tumor, surgery, awake craniotomy, cerebral neoplasm, costs.

Históricamente la craneotomía vigil data de miles de años antes del nacimiento de la neurocirugía moderna que conocemos¹. En tiempos modernos, Penfield en aplicaciones principalmente en epilepsia y después Olivecrona en tumores refinaron en gran medida la técnica que en la actualidad se emplea^{1,3,4}. Con el advenimiento de neuronavegación y técnicas anestésicas más sofisticadas, la CV se hizo disponible en un mayor grado, en los centros neuroquirúrgicos en donde se práctica la reserva para la resección de lesiones cercanas o en las inmediaciones de áreas elocuentes⁴⁻⁹.

Estudios recién han mostrado menores costos y tiempos de hospitalización de CV vs AG², en adición a esto también ha mostrado mejores resultados neurológicos en algunas series, lo cual ha llevado a algunos centros¹⁰⁻¹⁴ incluyendo este¹⁵ a escoger la CV como la técnica anestésica de elección en la cirugía de lesiones intrínsecas supratentoriales, independiente a su cercanía a áreas elocuentes (CV no selectiva).

A pesar de los beneficios asociados a CV no suele ser una técnica con amplia utilizada, quizás porque demanda un balance delicado entre anestesiólogo y cirujano, amplia experiencia y en ocasiones la corticoestimulación puede desencadenar crisis convulsivas que pueden poner en riesgo la vida del paciente.

En el presente artículo describimos el papel que desempeña la CV en nuestra práctica diaria, previamente reportado nuestra experiencia inicial sobre CV no selectiva en resección de lesiones tumorales supratentoriales¹⁰⁻¹⁵, el presente estudio hace un análisis detallado sobre los costos de CV vs AG de igual manera se describe su margen de seguridad.

Hasta donde es de nuestro conocimiento esta es una de las casuísticas más grandes reportadas en Latinoamérica y el primer artículo de la región que analiza los costos comparativos de estas dos técnicas anestésicas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se revisaron casos clínicos de lesiones cerebrales operadas de noviembre del 2007 a octubre del 2012 en el Hospital de Diagnóstico de El Salvador por el autor principal, 312 cirugías de lesiones cerebrales se habían llevado a cabo durante ese periodo, de estas 63 (20.1%) pacientes fueron operados bajo técnica de CV.

Con el propósito de homogenizar la serie hacia una comparativa con AG se consideraron únicamente casos de tumores operados de manera electiva, se excluyeron otras causas que fueron operadas bajo CV tales como hematomas intracerebrales, cavernomas, casos de epilepsia y abscesos. Se tomó un número igual de pacientes de la serie en los cuales se utilizaron los mismos recursos tecnológicos, en el cual el tiempo promedio operatorio había sido similar y las complicaciones que existieron fueron equiparables en ambas series en orden de cantidad, magnitud e impedimento, pero que fueron operados bajo AG.

Se evaluaron los costos de ambos procedimientos los cuales monetariamente son reflejados en dólares y fueron redondeados al décimo más próximo, se cuantificó los días necesarios de hospitalización, debido a que no se pudo determinar el número exacto de horas de permanencia intrahospitalaria; se homogenizó a que sí el paciente había sido dado de alta al completar el día se consideró como día entero, si fue dado de alta al siguiente día pero no completo las 24 hs completas se evaluó como 0.5, a manera de ejemplo si un paciente permaneció 50 hs esto equivale a 2.5 días de igual manera que hubieran sido 71 hs.

Se analizó estancia en cuidados intermedios/intensivos posoperatorios si existieron y cuanto tiempo permanecieron hospitalizados.

Breve descripción de la técnica quirúrgica CV y AG

Se resume brevemente la tecnología y técnica utilizada en CV en nuestro centro ya que ha sido descrita ampliamente en otra publicación¹⁵.

En todos los procedimientos de CV y de AG se utilizó por lo menos una o todas las tecnologías aquí descritas: ultrasonografía intraoperatoria (USGIOP)

Recibido: 7 diciembre 2012. Aceptado: 18 enero 2013.

¹Programa de Neuro-oncología, Instituto de Neurociencias del Hospital de Diagnóstico de El Salvador. C.A. ²Neurorradiología Hospital de Diagnóstico de El Salvador C.A., Clínica Brito-Mejía Peña. ³Departamento de Bioestadística Universidad Matías Delgado de El Salvador. Correspondencia: Eduardo E. Lovo. Instituto de Neurociencias del Hospital de Diagnóstico de El Salvador. 3ra. calle poniente, Block #122, Col. Escalón, Zona 11, San Salvador, El Salvador C.A. E-mail: info@drlovo.com

Sonosite, Titan™ (Sonosite Inc. Bothell, WA. USA) con un transductor C11/8-5 Broadband curved array, desde agosto del 2008 se incluyó la cirugía guiada por imágenes (CGI) con el sistema *Cygnus PFS™ Image Guided System, Compass International* (Rochester, MN USA) y coticoestimulación con generador de corriente de Ojemann (Cortical Stimulator; Radionics, Inc., Burlington, MA. USA). A finales de ese mismo año se agregaron protocolos de RMf utilizando el resonador Magnetom Avanto (Siemens, Erlanger) de 1.5 Tesla y de tractografía. Con el mismo equipo de resonancia magnética se implementó a finales de ese mismo año RM transoperatoria (intraoperatoria) (RMTop) que también ha sido descrita en otro artículo¹⁶⁻¹⁹.

En resumen; la CV se realiza bajo técnica de sedación y anestesia local (bupivacaína 0.25% y xilocaína 0.5%, en dilución de 50/50), se administra una combinación de fentanyl (50 a 100 ug) y propofol (dosis respuesta) para lograr un estado de sedación profunda, lo cual se mantiene durante la craneotomía y cierre, si el paciente no será examinado y no requiere estar despierto se mantiene la sedación profunda con propofol a dosis respuesta durante el procedimiento completo. Se posiciona al paciente en decúbito ventral con la cabeza lateralizada a donde corresponda según la ubicación del tumor, teniendo como consideración el acceso completo a la vía aérea por el anesthesiólogo hacia la máquina de anestesia. Se toman consideraciones en la temperatura de la sala de operación, almohadas y acolchonamientos para óptima comodidad al igual que precauciones especiales sobre el ruido en quirófano.

Se anestesia los puntos en donde los pines del cabezal quedarán colocados, se dibuja el sitio de craneotomía tomando como referencia el tamaño de la lesión desde el isocentro que señala el puntero de CGI. Se infiltra el cuero cabelludo sobre el sitio de la incisión y confecciona la craneotomía de manera habitual. Expuesta la duramadre, se verifica con USGIOP la magnitud de la lesión y ubicación subcortical. Se abre la duramadre, usualmente no es necesario infiltrar con anestésico local la duramadre, ni el músculo temporal durante el corte; si es necesario infiltrar la duramadre se realiza con xilocaína y una jeringa de insulina depositando pequeñas cantidades de anestésico a ambos lados de las arterias meníngeas, una vez localizada la masa tumoral se procede con la resección de la lesión de manera habitual.

Se realiza RM con medición volumétrica del residuo tumoral antes de las 48 hs poscirugía, si no se presentan complicaciones importantes, el paciente habitualmente es dado de alta al 3er. día con analgésicos (acetaminofén 1 g cada 6 hs) y anticonvulsivantes que son discontinuados a los 15 días poscirugía.

Para la técnica AG se induce con midazolam dosis respuesta (1 a 3 mg), después se administra fentanyl (1.5-2.5 µg/kg) más propofol (2-2.5 mg/kg) y nimbox/cisatracurio (0.15 mg/kg) como relajante muscular, se procede a intubar y se mantiene con remifentanyl (0.05-0.1 µg/kg/min), propofol por bomba de infusión (BIC) y oxígeno, nuestro grupo no utiliza gases anestésicos como sevoflurano o isoflurano durante el procedimiento debido a algunas ventajas propuestas por otros grupos²⁰.

Análisis estadístico

Se utilizó la prueba de Fisher exact test a dos colas, para variables que incluyeron en tabla 1. Edad, sexo, KPS, localización de elocuencia según descrita por Lacroix, et al¹⁶, resección volumétrica, cantidad de gliomas vs otros tumores y presencia de déficit neurológico transitorio posoperatorio. Se utilizó Epi Info v 7.0 del CDC (*Center for Disease Control*) de Estados Unidos de Nortamérica (<http://wwwn.cdc.gov/epiinfo/7/index.htm>) para todos los cálculos. Los costos, estancia intrahospitalaria, tiempo de duración intrahospitalaria y en quirófano fueron evaluados con una prueba de comparación de los promedios de dos grupos independientes con varianzas homogéneas, utilizando un IC del 95.0%.

Tabla 1. Variables de lesiones intracerebrales.

	CV	AG	p. (95%CI)
<i>No de pacientes</i>	45	45	
<i>Sexo</i>			
M	21	20	0.52
F	24	25	0.52
<i>Edad mediana</i>	50	51	0.47
<i>Rangos</i>	13-88	18-89	
<i>KPS preoperatorio</i>	80	80	1
<i>Rangos</i>	60-100	60-100	
<i>Localización</i>			
1. Elocuente	16	3	0.0053
2. Cercano a elocuencia	20	7	0.15
3. No elocuente	9	35	0.0034
<i>Resección volumétrica</i>	92%	95%	0.5
<i>Rangos</i>	40-100	62-100	
<i>Duración en minutos</i>	257.49	247.51	0.63
<i>Rangos</i>	195-320	120-400	
<i>Gliomas</i>	42	33	0.02
<i>Otros tumores</i>	3	12	0.02
<i>Estadía</i>			
<i>intrahospitalaria</i>	2.1	2.9	0.004
<i>Rangos en días</i>	1-4	2-5	
<i>Pacientes en UCIM < 24 hs</i>	3	6	0.04
<i>Déficit neurológico transitorio</i>	4	1	0.36

RESULTADOS

Se escogieron 45 pacientes operados bajo CV según criterios en metodología y 45 pacientes en similares condiciones operados bajo CV y AG (tabla 1).

La proporción de lesiones cercanas o en áreas elocuentes de CV vs AG¹⁵ fue de 2.4:1 con $p=0.0031$.

La proporción de gliomas vs otros tumores en CV fue 14:1 versus AG 2.7:1, $p=0.02$.

La tasa de resección volumétrica según estudios de RM control fue de 92% (40-100) vs 95% (62-100), $p=0.5$ respectivamente.

El déficit neurológico parcial, transitorio (déficit que condiciona la disminución de fuerza motora o funciones cognitivas como cálculo o comprensión y resulta en resolución completa de síntomas en menos de un mes) o empeoramiento del déficit existente fue de 4 en CV vs 1 en AG, $p=0.36$. No hubo déficit neurológico definitivo, agregado constatado por examen físico al mes en ninguno de los grupos.

El costo promedio de CV en este centro fue de 6,540 USD (6,300 – 6,900) vs 8,550 USD (8,000 – 9,000) $p=0.0003$.

Los tiempos en quirófano fueron de 257.49 minutos en CV y de 247.51 minutos para AG $p=0.63$.

El tiempo promedio de días de hospitalización en CV fue de 2.1 días (1 a 4) y en AG de 2.9 días (2-5) $p=0.004$.

Ningún paciente de CV o AG fue referido a cuidados intensivos, 3 (6.6%) pacientes del en el grupo de CV paso a unidad de cuidados intermedios con un OR (*odds ratio*) de 0.07 por indicación de anestesia, los tres pacientes fueron trasladados a una habitación regular al siguiente día, en el brazo de AG 6 (13.3%) pacientes pasaron a cuidados intermedios (UCIM) con un OR de 0.13 $p=0.04$, de igual manera fueron trasladados a una habitación regular el día siguiente.

El costo promedio de cuidados intermedios es de 500.00 USD día. El costo prorrateado de estancia en UCIM fue de 33.30 USD para la serie de CV y de 66.60 para AG.

Al estudiar los perfiles de seguridad de CV con la serie completa de 63 pacientes, hubo un (1.5%) paciente que requirió de una intubación con máscara laríngea en un caso de colocación de electrodos subdurales en epilepsia, de los pacientes presupuestados a ser sometidos a CV sólo en dos casos no se pudo llevar a cabo por agitación importante durante la sedación y bloqueos anestésicos para colocación del cabezal, ambos pacientes para cirugía de epilepsia.

DISCUSIÓN

El presente estudio demuestra que CV es más económica que AG en este centro, lo cual concuerda con la literatura al respecto^{2,17}. De igual manera es una técnica segura y de elección en lesiones cercanas a/o en áreas elocuentes, pocos reportes han expuesto lo contrario¹⁸, no obstante esa publicación demostró al igual que en el presente estudio que la mayoría de lesiones operados bajo CV vs AG fueron gliomas lo cual explica porque presentaron mayor grado de complicaciones neurológicas. En nuestro estudio los pacientes de AG que fueron seleccionados para el presente estudio fueron escogidos con base a similitudes de recursos tecnológicos ocupados, edades y KPS, se trato de hacer lo mismo para complicaciones pero reconocemos que existe un sesgo de selección y sobre lo que se reporta aquí de complicaciones en AG, ya que pudieran ser mayores. Las complicaciones neurológicas ocasionadas durante los procedimientos con CV por su magnitud no cambiaron el tiempo de alta de los pacientes, por ende no impactó de manera sensible el costo hospitalario del procedimiento. Es del entender que series equiparables en relación a complicaciones según técnica anestésica deberán ser comparables en la cantidad de lesiones cercanas o en áreas elocuentes, que por lo general son operadas bajo CV en este centro y otros.

Nuestra experiencia en CV comenzó hace 5 años (2007), cuando el autor principal introdujo la técnica. Desde su inicio se estableció como política que CV sería utilizada en todos los tumores cercanos o en áreas elocuentes, para el año 2009 este grupo adoptó la CV como la técnica de elección para tumores supratentoriales indistintamente de su ubicación en relación a áreas elocuentes, uno de los motivos principales fue económico, en apariencia resultaba más barato en este análisis operar un paciente despierto que uno bajo anestesia general, lo cual finalmente logramos demostrar en el presente estudio. Otras razones fueron que notábamos que la evolución posoperatoria de los pacientes era mejor, la mayoría de ellos cenaba y podían levantarse al baño con asistencia la misma noche de la intervención.

La craneotomía vigil permitió en nuestro centro la evolución de la neurocirugía oncológica, su simple existencia motivo mejoras en neurorradiología (tractografía y RMf) que permitían al cirujano anticipar con bastante exactitud lo resecable de una lesión, de igual manera motivo adquisición de tecnología como CGI que permitía realizar craneotomías más precisas y pequeñas; por último, realizar en años más recientes desarrollar protocolos de resonancia magnética intraoperatoria¹⁹ de una manera más sencilla que con un paciente bajo AG. Por

último, el desarrollo de las habilidades del equipo anestésico y quirúrgico en esta técnica pueden ser de utilidad en la evacuación de hematomas intraparenquimatosos u otras lesiones en pacientes mayores con múltiples comorbilidades en donde la AG representa un riesgo significativo, esto ha sido una de las ganancias no presupuestadas de este grupo que nos ha permitido tratar con seguridad a pacientes con abundantes comorbilidades (experiencia no publicada), los cuales de otra manera no hubieran sido tratados.

Por último, estudios recién han mostrado el amplio margen de aceptación por parte del paciente de la técnica de CV, con claridad se estable que dificultades en la comunicación con el paciente (afecciones importantes del sensorio) son las causas principales porque una CV tiene que ser convertida a AG¹⁴ estas han sido las causas para cambiar la técnica anestésica en nuestra experiencia.

Asimismo, la experiencia de la técnica de CV ha mostrado ventajas clínicas y amplios márgenes de seguridad lo cual nos llevó a adoptarla como el procedimiento anestésico de elección, para la remoción de cualquier tumor o lesión intrínseca tumoral o no tumoral, alojada en el espacio supratentorial, de igual manera que la mayoría de tumores extrínsecos de la bóveda craneana también, indistintamente de su cercanía a área de elocuencia, adicionalmente el presente estudio mostró que su costo es menor a AG.

CONCLUSIÓN

En nuestro medio una resección de tumor cerebral por medio de craneotomía vigíl mostró ser más económica que el mismo procedimiento bajo anestesia general, el tiempo de hospitalización es menor y la cantidad de pacientes que requirieron cuidados intermedios fue menor. El tiempo operatorio fue similar para ambas técnicas anestésicas. Ambas mostraron ser seguras en relación a la aparición de nuevo déficit neurológico posoperatorio, existieron más en craneo-tomía vigíl aunque no fue estadísticamente significativo pero de igual manera la cantidad de gliomas y su relación con áreas elocuentes fue mayor que con anestesia general.

REFERENCIAS

- July J, Manninen P, Lai J, Yao Z, Bernstein M. The history of awake craniotomy for brain tumor and its spread into Asia. *Surg Neurol* 2009;71:621-4.
- Peruzzi P, Bergese SD, Viloria A, Puente EG, Abdel-Rasoul M, Chioocca EA. A retrospective cohort-matched comparison of conscious sedation vs general anesthesia for supratentorial glioma resection. Clinical article. *J Neurosurg* 2011;114:633-69.
- Lanier WL. Brain tumor resection in the awake patient. *Mayo Clin Proc* 2001;76:670-2.
- Bulsara KR, Johnson J, Villavicencio AT. Improvements in brain tumor surgery: the modern history of awake craniotomies. *Neurosurg Focus* 2005;18:e5.
- Pereira LC, Oliveira KM, L'Abbate GL, Sugai R, Ferreira JA, da Motta LA. Outcome of fully awake craniotomy for lesions near the eloquent cortex: analysis of a prospective surgical series of 79 supratentorial primary brain tumors with long follow-up. *Acta Neurochir (Wien)* 2009;151:1215-30.
- Sanai N, Mirzadeh Z, Berger MS. Functional outcome after language mapping for glioma resection. *N Engl J Med* 2008;358:18-27.
- Duffau H, Capelle L, Denvil D, Sichez N, Gatignol P, Taillandier L, et al. Usefulness of intraoperative electrical subcortical mapping during surgery for low-grade gliomas located within eloquent brain regions: functional results in a consecutive series of 103 patients. *J Neurosurg* 2003;98:764-78.
- Shinoura N, Yoshida M, Yamada R, Tabei Y, Saito K, Suzuki Y, et al. Awake surgery with continuous motor testing for resection of brain tumors in the primary motor area. *J Clin Neurosci* 2009;16:188-94.
- Berger MS, Hadjipanayis CG. Surgery of intrinsic cerebral tumors. *Neurosurgery* 2007;61:279-304.
- Serletis D, Bernstein M. Prospective study of awake craniotomy used routinely and nonselectively for supratentorial tumors. *J Neurosurg* 2007;107:1-6.
- Hol JW, Klimek M, Van der Heide-Mulder M, Stronks D, Vincent AJ, Klein J, et al. Awake craniotomy induces fewer changes in the plasma amino acid profile than craniotomy under general anesthesia. *J Neurosurg Anesthesiol* 2009;21:98-107.
- Szelényi A, Bello L, Duffau H, Fava E, Feigl GC, Galanda M, et al. Intraoperative electrical stimulation in awake craniotomy: methodological aspects of current practice. *Neurosurg Focus* 2010;28:E7.
- Bernstein M. Outpatient craniotomy for brain tumor: a pilot feasibility study in 46 patients. *Can J Neurol Sci* 2001;28:120-4.
- Nossek E, Matot I, Shahar T, Barzilai O, Rapoport Y, Gonen T, et al. Failed awake craniotomy: a retrospective analysis in 424 patients undergoing craniotomy for brain tumor. *J Neurosurg* 2013;118:243-9.
- Lovo Eduardo, Martínez Cortez Rafael, Navarrete Doris, Milla Flor Rodolfo. Craneotomía vigíl no selectiva para tumores cerebrales supratentoriales, intraaxiales. *Rev Chile Neuroc* 2009;32:16-23.
- Lacroix M, Abi-Said D, Fournier 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.
- Rughani AI, Rintel T, Desai R, Cushing DA, Florman JE. Development of a safe and pragmatic awake craniotomy program at Maine Medical Center. *J Neurosurg Anesthesiol* 2011;23:18-24.
- Gupta DK, Chandra PS, Ojha BK, Sharma BS, Mahapatra AK, Mehta VS. Awake craniotomy versus surgery under general anesthesia for resection of intrinsic lesions of eloquent cortex: a prospective randomised study. *Clin Neurol Neurosurg* 2007;109:335-43.
- Lovo Eduardo, Ahues Emilio, Minervini Mario, Milla Flor Rodolfo, Moreira Héctor. Ultrasonografía intraoperatoria y resonancia magnética transoperatoria en la resección de gliomas de bajo y alto grado. *Rev Arg Neuroc* 2012;26:69-74.
- Cole CD, Gottfried ON, Gupta DK, Couldwell WT. Total intravenous anesthesia: advantages for intracranial surgery. *Neurosurgery* 2007;61:369-77.