



Facultad de Medicina



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Eficacia del uso de neuronavegador en comparación
con cirugía convencional para la resección de tumores
gliales en el Centro Médico Nacional “20 de Noviembre”

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO DE ESPECIALISTA EN

NEUROCIRUGÍA

PRESENTA

DR. ALBERTO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

ASESOR

DR. MANUEL HERNÁNDEZ SALAZAR

MÉXICO, D.F.

2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dra. Aura Erazo Valle

Subdirectora de Enseñanza e Investigación

del Centro Médico Nacional “20 de Noviembre” _____

Dr. Antonio Zarate Méndez

Profesor titular del curso de Neurocirugía _____

Dr. Manuel Hernández Salazar

Asesor de tesis _____

Dr. Alberto Hernández Hernández

Médico residente de 5° año de Neurocirugía _____

DEDICATORIA

A mis padres Gloria y Rafael, a quienes les debo todo lo que soy y que por sus esfuerzos, consejos, confianza y apoyo me han guiado para lograr todos mis sueños.

A mí amada esposa Marlene que desde que la conocí ha sido mi piedra angular, un apoyo incondicional y a quien dedico mi vida y todos mis esfuerzos para consolidar nuestra familia... a ti que soportas mis ausencias.

A mis hermanos Emmanuel y Eunice a quienes quiero con toda mi alma y con quienes he vivido la maravillosa experiencia de la vida en familia.

A mis amigos quienes hacen que los momentos difíciles desaparezcan por unos instantes.

AGRADECIMIENTOS

A mis profesores y maestros quienes con su ejemplo y enseñanzas forjaron en mí el perfil necesario para enfrentar los problemas de la especialidad.

A la Dra. Carmen Morel por el apoyo y la confianza que me brinda en todo momento.

A mi maestro quien sin haberme enseñado directamente me dejó escucharlo y verlo y que lo poco o mucho que aprendí en lo quirúrgico se lo debo a él.

Muy especialmente al Dr. Ricardo Valdez Orduño quien más que un maestro, es un amigo y me ha enseñado más que neurocirugía, clases de vida brindándome su confianza y me ha dado el empujón final para iniciar esta nueva aventura.

CONTENIDO

1.	RESUMEN.....	6
2.	INTRODUCCION.....	8
3.	MATERIAL Y METODOS.....	10
4.	RESULTADOS.....	13
5.	DISCUSION.....	14
6.	CONCLUSIONES.....	16
7.	REFERENCIAS.....	17
8.	CUADROS Y ESCALAS.....	19

1. RESUMEN

Los sistemas estereotáticos sin marco han sido utilizados en neurocirugía por varios años. Dichos sistemas se basan en parámetros tradicionales de estereotaxia, en los cuales el cerebro se separa en tres planos (coronal, axial y sagital). Los nuevos sistemas permiten la navegación tridimensional dentro de un espacio definido al integrar puntos de referencia en la superficie con información fusionada de imágenes de TC y RM.

Estos sistemas pueden permitir precisión milimétrica pero tienen el inconveniente que son imágenes fijas y no en tiempo real siendo que la mayoría de los ellos no puede, aún, compensar los cambios dinámicos en la anatomía.

La información con respecto al potencial de la neuronavegación para mejorar los resultados del tratamiento de los gliomas son mínimos. Un estudio retrospectivo de 76 pacientes, en el cual se consideraron la neuronavegación y extensión de la resección, indicó una ventaja en la supervivencia y en el porcentaje de resección; (16 meses comparado con 9 meses) y el uso de la neuronavegación (16 meses comparado con 10 meses). Dado el potencial de la ventaja de supervivencia de la resección más extensa en pacientes con gliomas de alto grado, se plantea como hipótesis que el uso de tecnología de imagen intraoperatoria o sistemas de neuronavegación permite resecciones más completas y, a su vez, aumento en la supervivencia y mejoramiento en el resultado de estos pacientes

Los beneficios reportados incluyen el mejoramiento del enfoque quirúrgico, tasas reducidas de morbilidad, estadías más cortas en hospital, reducción en costos hospitalarios y reducción en los requerimientos para la analgesia post operatoria. Stummer et al reportó una incidencia de complicaciones con resección de tumores gliales mediante cirugía convencional de 13% y Litofsky con micro-resección con neuronavegador de 1%.

MATERIAL Y METODOS

Cincuenta pacientes fueron seleccionados con tumores intracraneales de origen glial sometidos a resección tumoral en el servicio de Neurocirugía del CMN "20 de Noviembre" y se dividieron en dos grupos de 25 pacientes cada uno: Grupo 1) resección guiada con neuronavegador y grupo 2) resección con cirugía convencional. Se registraron las variables de edad, sexo, grado histológico de la OMS, valoración Karnofsky pre y postoperatoria, principales signos y síntomas neurológicos pre y postoperatorios, dimensiones y localización del tumor, cantidad de tumor resecado y residual, periodo libre de enfermedad, sobrevida, tiempo quirúrgico, complicaciones y mortalidad.

RESULTADOS

Se hizo un análisis longitudinal retrospectivo y prospectivo de los registro clínicos en un periodo de dos años obteniendo un total de 50 pacientes en lo que se encontró edad promedio de 38.1 años (2 a 84), con relación mujer:hombre (1:1.2), en los que el Karnofsky preoperatorio era 80, siendo el diagnostico más frecuente astrocitoma grado II/III de la OMS. Se encontró que los pacientes debutaron más frecuentemente con cefalea (34%) y paresia de alguna extremidad (24%). El lóbulo frontal fue el más afectado (38%) con tumoraciones con

dimensiones estándar hasta de 5x3x3 cm. Se logro con neuronavegador la resección de más del 90% en comparación con 70-80% con cirugía convencional. Tras la cirugía el Karnofsky en pacientes operados con ayuda de neuronavegador no cambio (92%) en relación al otro grupo donde disminuyo hasta en 10 puntos con respecto al inicial (43%). El tiempo quirúrgico con neuronavegador fue en promedio de 3 horas mientras que convencionalmente fue 5 hrs. El tiempo de recuperación es más breve lo que llevó a disminuir los días de estancia hospitalaria. Las complicaciones se presentaron con más frecuencia con cirugía convencional (23%) y el periodo libre de enfermedad fue menor en ese grupo (8 meses).

2. INTRODUCCIÓN

El uso de nuevas modalidades en imagen está moldeando el campo de la neuro-oncología. Sistemas de imagen antiguos y estáticos están siendo superados por nuevos sistemas en tiempo real y con capacidades funcionales. Esta innovación en la tecnología de imagen permite a los cirujanos planear y ejecutar resecciones de tumor en una forma más precisa y lograr la Resección Macroscópica Total de tumores cuya resección podría haber sido más difícil anteriormente. Como lo menciona Haberland et al, desde el primer marco estereotáxico para navegación intracraneal desarrollado por Zernow en 1889, el campo ha evolucionado de manera dramática. La explosión de tecnología digital ha llevado a rápidos avances en la neuronavegación. Los sistemas estereotáxicos sin marcos han sido utilizados en la neurocirugía por varios años. Dichos sistemas se basan en los parámetros tradicionales de estereotaxia, en los cuales el cerebro se separa en tres planos (coronal, axial y sagital). Por lo tanto, los nuevos sistemas permiten la navegación tridimensional dentro de un espacio definido, al integrar puntos de referencia en la superficie con información fusionada de las imágenes radiográficas. Cualquier punto dentro del sistema puede ser localizado mediante la utilización de una sonda y un sistema de detectores que refieran la sonda a los radiógrafos y proyecten imágenes bi- y tridimensionales.^{1,2,5}

Estos sistemas pueden permitir precisión milimétrica. Sin embargo, tienen algunos inconvenientes. La visualización de la anatomía está confinada al estado en el que estaba cuando las imágenes radiográficas se obtuvieron. La mayoría de los sistemas de neuronavegación no pueden aún compensar los cambios en esta anatomía. Los cirujanos se topan con algunas discordancias entre las coordenadas almacenadas en el sistema y lo que realmente se ve en el campo quirúrgico después de que se ha removido algo del tumor o fluido cerebroespinal, permitiendo la relajación de tejido previamente comprimido y cambio del cerebro. Otros factores desconcertantes son el edema cerebral y el sangrado. Aún así, estos sistemas pagan dividendos al permitir al cirujano planear el procedimiento en espacio virtual y tener idea de la anatomía con la que se va a topa.²

Otras tecnologías como la RM intraoperatoria y ultrasonografía, también juegan un papel dentro de los quirófanos de neurocirugía. Aunque estos avances en la tecnología han sido pasos increíbles en el desarrollo del campo, su utilidad en todas las resecciones tumorales todavía tiene que definirse adecuadamente. El papel de la cirugía en el tratamiento del glioma maligno todavía es controversial. El glioma maligno tiene probablemente el peor pronóstico que cualquier otro tumor con una supervivencia media menor a los 18 meses, a pesar de todos los avances en la tecnología y el tratamiento. Existe una acumulación de evidencia (aunque dicha evidencia no sea “de alta calidad”) que muestra una ventaja en la supervivencia en la resección extensiva, en el momento del diagnóstico, en pacientes con gliomas de bajo grado. La correlación de la extensión de resección con la supervivencia en pacientes con gliomas de alto grado está menos definido.^{3,6}

Diversos estudios detallan un efecto favorable de la resección temprana en pacientes con astrocitomas malignos, mientras que otros estudios han fracasado para mostrar este beneficio. Otros han indicado que la edad y la escala de Karnofsky preoperatoria son mejores predictores de un resultado favorable que la extensión de la resección. Estos resultados son

complicados por el hecho de que la extensión de la resección se basa por lo general en la descripción del cirujano, en lugar de basarse en una imagen post operatoria. Numerosas revisiones a fondo de la literatura han citado un número de errores en el diseño y análisis en artículos que tienen que ver con la extensión de la resección del glioma. La información con respecto al potencial de la neuronavegación para mejorar los resultados del tratamiento del glioma son mínimos. Un estudio retrospectivo de 76 pacientes, en el cual se consideraron la neuronavegación y extensión de la resección, indicó una ventaja en la supervivencia tanto de la Resección Macroscópica Total (16 meses comparado con 9 meses) y el uso de la neuronavegación (16 meses comparado con 10 meses). Dado el potencial de la ventaja de supervivencia de la resección más extensiva en pacientes con gliomas de alto grado, se plantea como hipótesis que el uso de tecnología de imagen intraoperatoria o sistemas de neuronavegación permite resecciones más completas y a su vez, aumento en la supervivencia y mejoramiento en el resultado de estos pacientes.^{4, 5, 6}

La orientación sobre imagen interactiva es una herramienta cada vez con mayor importancia en la neurocirugía. Los beneficios reportados incluyen el mejoramiento del enfoque quirúrgico, tasas reducidas de morbilidad, estadías más cortas en hospital, reducción en costos hospitalarios y reducción en los requerimientos para la analgesia post operatoria. Sin embargo, la provisión de una orientación confiablemente precisa requiere tanto un bajo número de errores en el sistema como una alta tasa de congruencia entre las imágenes preoperatorias y la anatomía quirúrgica. Aún cuando se han identificado los errores asociados a la adquisición, registro y rastreo de las imágenes, la magnitud y el impacto de la distorsión del cerebro post imagen en esta congruencia no está bien entendida.^{7,8}

Los gliomas ejemplifican la conveniencia de una guía precisa de imagen a profundidad cuando los márgenes del tumor están demarcados pobremente, se desea la remoción máxima y áreas del cerebro elocuentes colindantes a la lesión. La implicación de la neuronavegación en la cirugía de glioma es que la resección guiada por imagen es factible y confiable pero debe ser usada con precaución cuando las imágenes preoperatorias revelan una masa particularmente grande con desviaciones de la línea media marcadas.⁸

La infiltración de células del glioma en el cerebro en función, dificulta la resección agresiva de tumores, sin sacrificar la función del cerebro. En la actualidad, los sistemas de neuronavegación para la cirugía de tumor cerebral se utilizan en la práctica neuroquirúrgica de todos los días y se ha reportado el mejoramiento y precisión de las resecciones.⁹

En general, estos sistemas de neuronavegación utilizan información de la imagen de RM y TC para ayudar a mapear la anatomía del cerebro y los límites tumorales. Aunque estas técnicas son útiles aún para detectar lesiones pequeñas, se pueden hacer mejoras para la identificación del margen tumoral. Áreas mejoradas por contraste en imágenes por RM y TC reflejan áreas de interrupción de la barrera sangre-cerebro debido al glioma, aún cuando células viables residen con frecuencia más allá de estas áreas.¹⁰

Como resultado, en ocasiones, las imágenes mejoradas por contraste no pueden dibujar el margen completo del tumor. Otro defecto de los sistemas de navegación basados en la imagen por RM y TC es su inhabilidad para proveer información de la función cerebral.¹¹

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Stummer W informa una incidencia de complicaciones con resección de tumores gliales mediante cirugía convencional de 13% (p1) y Litofsky una incidencia con micro-resección con neuronavegador de 1% (p2).^{10,11} Para un poder de 0.80 y un error tipo I de 0.05, utilizando la fórmula para diferencia entre proporciones de dos grupos independientes, se requiere una n de 25 pacientes para cada grupo, haciendo un total de 50 pacientes para el estudio.

$$n = P1(100-P1) + P2 (100-P2)/(P2-P1)^2 * f\alpha\beta$$

Dónde:

P1 = 13%

P2 = 5%

f $\alpha\beta$ = 10

Seleccionamos pacientes con tumores intracraneales de origen glial sometidos a resección tumoral en el servicio de Neurocirugía entre los años 2009 a 2011 y los dividimos en dos grupos:

Grupo 1) Pacientes sometidos a resección tumoral con neuronavegador.

Grupo 2) Pacientes sometidos a resección tumoral con cirugía convencional.

Se reviso el registro de pacientes con tumoración intracraneal del servicio de Neurocirugía entre los años 2009 a 2011 y seleccionamos los que se ajustaron a los criterios de selección.

Criterios de inclusión:

- Pacientes sometidos a resección de tumor intracraneal de origen glial sometidos a neuronavegador o cirugía convencional.
- Pacientes de cualquier edad hombres y mujeres

Criterios de exclusión:

- Pacientes con patología neurológica o vascular que simulen tumor glial.
- Pacientes con neurocirugía previa

Criterios de eliminación:

- Pacientes con expediente clínico incompleto.

Definición de variables y unidades de medida:

INDEPENDIENTES

- **NEURONAVEGADOR:** es un dispositivo que, mediante estereotaxia sin marco para la orientación, precisa intraoperatoriamente la localización de una lesión intracraneal con precisión quirúrgica y, por consiguiente, con mayores posibilidades de simulación virtual preoperatoria y en el postoperatorio inmediato de la intervención quirúrgica.
- **CIRUGIA CONVENCIONAL:** Evento quirúrgico realizado sin el uso de imágenes en tiempo real planeando el abordaje en base a puntos craneométricos.
- **TUMOR INTRACRANEAL DE ORIGEN GLIAL:** Lesiones intraaxiales derivadas de células gliales tales como células ependimarias, astrocitos y oligodendrocitos.

DEPENDIENTES

• **ESCALA DE VALORACIÓN FUNCIONAL DE KARNOFSKY**

Permite conocer la capacidad del paciente para poder realizar actividades cotidianas. Es un elemento predictor independiente de mortalidad, tanto en patologías oncológicas y no oncológicas. Sirve para la toma de decisiones clínicas y valorar el impacto de un tratamiento y la progresión de la enfermedad del paciente. Un Karnofsky de 50 puntos o inferior indica elevado riesgo de muerte durante los 6 meses siguientes.

Escala de medición:

- 100: Normal, sin quejas, sin indicios de enfermedad.
 - 90: Actividades normales, pero con signos y síntomas leves de enfermedad.
 - 80: Actividad normal con esfuerzo, con algunos signos y síntomas de enfermedad.
 - 70: Capaz de cuidarse, pero incapaz de llevar a término actividades normales o trabajo activo.
 - 60: Requiere atención ocasional, pero puede cuidarse a sí mismo.
 - 50: Requiere gran atención, incluso de tipo médico. Encamado menos del 50% del día.
 - 40: Inválido, incapacitado, necesita cuidados y atenciones especiales. Encamado más del 50% del día.
 - 30: Inválido grave, severamente incapacitado, tratamiento de soporte activo.
 - 20: Encamado por completo, paciente muy grave, necesita hospitalización y tratamiento activo.
 - 10: Moribundo.
 - 0: Fallecido.
- **COMPLICACION:** Evolución negativa de una enfermedad/Patología derivada a consecuencia de un procedimiento previo. En este estudio se valorara en base a la presencia de infecciones postoperatorias.
 - **MEJORIA NEUROLÓGICA CLÍNICA:** exploración neurológica postoperatoria con signos clínicos de mejoría con respecto a la previa preoperatoria. Se valorara en base a la exploración realizada y asentada en el expediente en los primeros 3 meses posterior al evento quirúrgico.
 - **SOBREVIDA:** cantidad de meses que un paciente vive posterior al evento quirúrgico y diagnóstico de un tumor de origen glial. Se medirá en meses.

- PERIODO LIBRE DE ENFERMEDAD: cantidad de meses en los que un paciente diagnosticado con un tumor de origen glial permanece asintomático.
- MORTALIDAD: es el indicador demográfico que señala el número de defunciones de una población por cada 1.000 habitantes, durante un período determinado generalmente un año.
- TIEMPO QUIRURGICO: cantidad de tiempo medido en horas que dura un procedimiento quirúrgico independientemente del tiempo anestésico.
- TUMORACION RESIDUAL POSTOPERATORIA: cantidad de lesión intraaxial medida en porcentaje que se observa en un estudio de imagen posterior a un evento quirúrgico.

Registramos las siguientes variables: Edad, sexo, diagnóstico, valoración Karnofsky pre y postoperatoria, principales signos y síntomas neurológicos pre y postoperatorios, dimensiones y localización del tumor, cantidad de tumor resecado, tiempo quirúrgico y complicaciones.

Utilizamos el programa estadístico MEDCALC 11.5 para Windows. El análisis univariado se realizó con medidas de tendencia central y de dispersión (Media, mediana, desviación estándar y rangos de acuerdo al comportamiento de los datos). La comparación entre grupos con t de student o suma de rangos de Wilcoxon de acuerdo al comportamiento Gaussiano o no gaussiano de los datos de variables continuas y Chi2 para variables nominales. Para el análisis de sobrevida con curvas de Kaplan Maier o Regresión de Cox. Consideramos significancia estadística con $p < 0.05$.

4. RESULTADOS

Analizamos 50 pacientes sometidos a cirugía convencional (n=25) y cirugía con neuronavegador (n=25). La edad, sexo y dimensiones del tumor cerebral de los pacientes sometidos a los tipos de cirugía para resección del tumor no mostraron diferencias significativas (Tabla 1).

El tiempo quirúrgico, sangrado transoperatorio y los días de estancia hospitalaria fueron significativamente menores en la cirugía con neuronavegador ($p < 0.05$, 0.002 y 0.001 respectivamente).

No se observaron diferencias significativas en la proporción de tumor resecado ni en la evaluación pre y postoperatoria de la evaluación de Karnofsky con ambos tipos de cirugía (Tabla 2).

Las complicaciones transoperatorias no fueron significativamente diferentes en ambos tipos de tratamiento ($p < 0.70$) pero las postoperatorias se observaron significativamente en menor cantidad en la cirugía con neuronavegador (Tabla 3).

Las complicaciones transoperatorias fueron esencialmente lesión del seno transversal e irrupción del ventrículo en ambos procedimientos y en las complicaciones postoperatorias fueron más graves con cirugía convencional (Paresia distal torácica (n=1), déficit motor (n=1), hemiparesia izquierda (n=1), hiporreactividad cerebral (n=1) y retraso en la respuesta ventilatoria que retraso el destete del apoyo ventilatorio comparado con la cirugía con neuronavegador en donde solo se observó retraso del destete de la ventilación mecánica).

Las variables demográficas y dimensiones del tumor no fueron significativamente diferentes lo que quiere decir que estas variables se pueden comparar y difícilmente modificaron los resultados del estudio.

La cirugía con neuronavegador propicia significativamente menor sangrado y menor tiempo quirúrgico, lo que se traduce en una ventaja para el paciente, aunque ambos tipos de tratamiento fueron igualmente eficaces en la reducción del porcentaje de tumor resecado, en la evaluación de Karnofsky y en el número de complicaciones transoperatorias, puesto que no hubo significancia estadística. Sin embargo, las complicaciones postoperatorias fueron menores en el procedimiento quirúrgico con neuronavegador (Tabla 2 y 3) esto se traduce, también, en una ventaja para el paciente. Por otro lado, se observó que las complicaciones postoperatorias fueron más graves en la cirugía convencional.

5. DISCUSIÓN

En este reporte describimos un estudio longitudinal retrospectivo diseñado para determinar que el uso de neuronavegador es mas eficaz en comparación con cirugía convencional para la resección de gliomas incrementado el porcentaje de resección, realizando cirugías mínimamente invasivas en menor tiempo quirúrgico, logrando menor impacto clínico con menos complicaciones y por tanto menos días de estancia hospitalaria, igualmente reportamos las dimensiones tumorales, hemorragia transoperatoria, estado postoperatorio y evaluación en la escala de Karnofsky pre y postquirúrgica como valor pronostico.

Las características histopatológicas de nuestra población en estudio (gliomas grado II y grado III de la OMS) reflejan que se requiere de realizar resecciones amplias, dirigidas, con mínimo daño a estructuras colindantes que se traduce en mayor sobrevida y con mayor calidad de la misma. El uso de neuronavegador en nuestro medio resulto tener el impacto esperado en ese sentido.

La neuronavegación es hoy en día una herramienta de uso común en neurocirugía. Desde la adquisición del equipo por la institución no se había descrito en nuestro medio su eficacia comparada con la cirugía convencional. Era necesario conocer con precisión porque debemos de implementarlo en los procedimientos de cirugía de tumores gliales intracraneales y justificar con ello que el recurso es adecuado dado el impacto clínico y en la estancia hospitalaria de los pacientes atendidos en la institución.

Siendo los tumores intracraneales una patología frecuente en el Centro Médico Nacional “20 de Noviembre” con el uso del neuronavegador se ha permitido que se realice la resección de los mismos con mayor precisión, con menos hemorragia y sin complicaciones graves teniendo resultados postoperatorios satisfactorios y sin modificación significativa en la escala de Karnofsky postoperatoria en comparación con cirugía convencional.

Al igual que lo reportado por Stummer^{10,11} tuvimos un tamaño de muestra equiparable para determinar que con el uso de neuronavegador aumenta la sobrevida al lograr un mayor porcentaje de resección, con menos complicaciones y en menor tiempo quirúrgico. Sin embargo hace falta continuar con el seguimiento de los pacientes para determinar adecuadamente la tasa de sobrevida.

A pesar de que el porcentaje de resección no fue estadísticamente significativo con el uso de neuronavegador hay que tomar en cuenta que se utilizó en varias ocasiones para realizar toma de biopsia guiada con mejores resultados que con marco estereotáctico invasivo.

Es importante destacar que como lo reporta Wang⁶ en su clasificación de errores más frecuentes en la neuronavegación el que más frecuentemente presentamos fue el movimiento de los fiduciales en el proceso de toma de imagen y llegada a quirófano así como el hecho de no usarlos y basarnos en puntos de anatomía de superficie clave, siendo que a pesar de ello logramos correlaciones menores a 5mm para todos los casos.

El hecho de no tener imágenes de ultrasonido trasoperatorio se presenta como una potencial desventaja con respecto a otros equipos de neuronavegación. En ese sentido, las imágenes preoperatorias con que contamos son de alta calidad y por tanto contribuyeron a una mejor correlación anatómo-quirúrgica.

Independientemente del equipo de neuronavegación con el que se cuente la limitante y punto de controversia hasta el día de hoy será que son imágenes fijas y no en tiempo real, que una vez retirado el cráneo las características que se observan en la pantalla ya han cambiado y por tanto pierde precisión, sin embargo, es una guía eficaz para centrar una craneotomía con incisiones más precisas y durante la resección con una idea más clara en tres dimensiones de estructuras anatómicas clave y de riesgo que se pueden encontrar durante el procedimiento. Por tanto el neuronavegador a pesar de perder su precisión es una guía dinámica, al menos, mejor que solo unas cuantas imágenes impresas.

En estos tiempos en los que la tecnología avanza a pasos agigantados los equipos de neuronavegación son cada vez más sofisticados e implementan avances que los hacen ser más eficaces.

Es indudable que el uso del neuronavegador es controversial puesto que aun es operador dependiente y el error humano sigue siendo un factor clave que hay que considerar. Aunque deberán continuar las investigaciones al respecto teniendo en cuenta la curva de aprendizaje de los actuales operadores del equipo y continuar con el seguimiento de los pacientes incluidos en este estudio para medir adecuadamente la tasa de sobrevida para ambos grupos.

6. CONCLUSIONES

Basados en nuestro resultados nosotros concluimos que el uso del neuronavegador es más eficaz comparado con la cirugía convencional en la resección de tumores intracraneales de origen glial en el servicio de Neurocirugía del Centro Médico Nacional “20 de Noviembre.”

7. REFERENCIAS

- 1 Willems P. W. A. Effectiveness of neuronavigation in resecting solitary intracerebral contrast-enhancing tumors: a randomized controlled trial. *J Neurosurg.* 2006; 104:360–368
- 2 Rutten G. J. Toward functional neuronavigation: implementation of functional magnetic resonance imaging data in a surgical guidance system for intraoperative identification of motor and language cortices. 2003; *Neurosurg Focus* 15 (1):Article 6.
- 3 Tanaka Y. Glioma surgery using a multimodal navigation system with integrated metabolic images. 2009; *J Neurosurg* 110:163–172.
- 4 Willems PWA, Taphoorn MJB, Burger H. Effectiveness of neuronavigation in resecting solitary intracerebral contrast-enhancing tumors: a randomized controlled trial. 2006; *J Neurosurg* 104:360–368.
- 5 Dorward N. L. Postimaging brain distortion: magnitude, correlates, and impact on neuronavigation. *J Neurosurg* 88:656–662, April, 1998
- 6 Wang and Song; Classification and Analysis of the Errors in Neuronavigation. 2011; *Neurosurgery* 68:1131–1143.
- 7 Spivak C. and Pirouzmand F. Comparison of the reliability of brain lesion localization when using traditional and stereotactic image-guided techniques: a prospective study. 2005; *J Neurosurg* 103:424–427.
- 8 Ganslandt O, Fahlbusch R: Functional neuronavigation with magnetoencephalography: outcome in 50 patients with lesions around the motor cortex. 1999; *Neurosurg Focus* 6 (3):Article 3.
- 9 Enchev Y. Neuronavigation: geneology, reality, and prospects. 2009; *Neurosurg Focus* 27 (3):E11.

- 10 Willems PWA, Taphoorn MJB, Burger H. Effectiveness of neuronavigation in resecting solitary intracerebral contrast-enhancing tumors: a randomized controlled trial. 2006; *J Neurosurg* 104:360–368.
- 11 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. 2006; *The lancet oncology* 7:392-401.
- 12 Litofsky N. S. Image-guided resection of high-grade glioma: patient selection factors and outcome. 2006; *Neurosurg Focus*; 20 (3):E16.
- 13 Dorward N, Alberti O: Postimaging brain distortion: magnitude, correlates, and impact on Neuronavigation. 1999; *Neurosurg Focus* 6 (3): Article 4.

8. CUADROS

Tabla 1. Características demográficas de los pacientes y dimensiones del tumor cerebral.

	Cirugía Convencional	Cirugía con neuronavegador	p
Edad (Años)	34±19	41±24	0.27
Sexo			
Masculino	13	15	0.71
Femenino	12	10	0.70
Dimensiones del tumor (cm)			
Largo	6±2.8	5.4±1.9	0.38
Ancho	5.6±2	5.3±2	0.54
Alto	5.9±2.3	5±2	0.18

Tabla 2. Diferencias quirúrgicas y evaluación de Karnofsky entre cirugía convencional y cirugía con neuronavegador para resección del tumor cerebral.

	Cirugía Convencional	Cirugía con Neuronavegador	p
Sangrado Transoperatorio (ml)	658±61	364±39	0.05
Tiempo quirúrgico (Minutos)	58±15	42±19	0.002
Porcentaje de tumor resecado	77±19	73±35	0.68
Karnofsky (Puntaje)			
Preoperatorio	92±4	90±5	0.24
Postoperatorio	84±8	87±8	0.17
Días de estancia hospitalaria	5.8±2.2	3.4±1.5	0.001

Tabla 3. Complicaciones trans y postoperatorias en ambos tipos de cirugía para resección de tumor.

	Cirugía Convencional	Cirugía con neuronavegador	p
Complicaciones			
Transoperatorias (n)	5	3	0.70
Postoperatorias (n)	10	4	0.05