

## Ultrasonido intraoperatorio para detección de tumores intracraneales

### Intraoperative ultrasound for detecting intracranial tumors

Yuniel Amado Díaz Naranjo<sup>1\*</sup>

Javier Luis Figueredo Méndez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Servicio de Neurocirugía. Hospital Pediátrico “Juan Manuel Márquez”. La Habana, Cuba.

<sup>2</sup>Servicio de Neurocirugía. Centro de Investigaciones Médico-Quirúrgicas. La Habana, Cuba.

\* Autor para la correspondencia: [yuniel.amado@gmail.com](mailto:yuniel.amado@gmail.com); [yunielamado@infomed.sld.cu](mailto:yunielamado@infomed.sld.cu)

---

#### RESUMEN

**Objetivo:** Caracterizar las principales variables de los tumores intracraneales a través del ultrasonido intraoperatorio.

**Métodos:** Se incluyeron 38 pacientes a los que se le realizó tomografía computarizada multicorte de cráneo, resonancia magnética con tractografía, previo a la cirugía. El equipo de ultrasonido intraoperatorio utilizado fue un Aloka *alfa* 5 Pro-Sound. Se estudió, fundamentalmente, el tipo y topografía del tumor, las características en el ultrasonido, el grado de resección y la evolución.

**Resultados:** El rango de edad estuvo entre 19 años y 74 años. Hubo predominio de lesiones de alto grado de malignidad (57,9 %). Prevalció el glioblastoma multiforme con 15 pacientes (39,5 %), seguido de las metástasis y los tumores benignos con 7 casos cada uno. Todas las lesiones fueron observadas por ultrasonido y en 34 casos (89,5 %) se definieron bien los bordes. La resección tumoral total más subtotal se efectuó en 34 pacientes, 17 de ellos con localización en áreas elocuentes. Las 4 cirugías parciales fueron: dos lesiones en áreas motoras, un glioma en alas de mariposa bifrontal

y un meningioma gigante del surco olfatorio. La escala de Karnofski a los 30 días fue mayor que la preoperatoria en 35 casos (92,1 %), se mantuvo igual en un paciente y en dos casos fue inferior.

**Conclusiones:** El uso del ultrasonido intraoperatorio permitió caracterizar todas las lesiones en tiempo real. Fue útil para planificar la corticotomía y verificar el nivel de la resección en todo momento. El estado clínico y el nivel de validez, según la escala de Karnofski, mejoró en la mayoría de los pacientes en los primeros 30 días.

**Palabras clave:** escala de Karnofski; neurocirugía; resección tumoral; tumores intracraneales; ultrasonido intraoperatorio.

## ABSTRACT

**Objective:** To characterize the main variables of intracranial tumors through intraoperative ultrasound.

**Methods:** Thirty-eight patients, who underwent multislice computed tomography of the skull, magnetic resonance imaging with tractography, prior to surgery, were included. The intraoperative ultrasound equipment used was an Aloka alpha 5 Pro-Sound. The type and topography of the tumor, the characteristics of the ultrasound, the degree of resection and the evolution were studied.

**Results:** The age range was between 19 years and 74 years. There was a predominance of lesions with high degree of malignancy (57.9 %). Glioblastoma multiform prevailed with 15 patients (39.5 %), followed by metastases and benign tumors with 7 cases each. All lesions were observed by ultrasound and in 34 cases (89.5 %) the edges were well defined. Total tumor resection was performed in 34 patients, 17 of them with localization in eloquent areas. The four partial surgeries were two lesions in motor areas, a bi-frontal butterfly wing glioma and a giant olfactory groove meningioma. Karnofski scale at 30 days was greater than preoperative in 35 cases (92.1 %). It remained the same in one patient and in two cases was lower.

**Conclusions:** The use of intraoperative ultrasound allowed to characterize all lesions in real time. It was useful to plan the corticotomy and verify the level of the resection at all times. The clinical status and level of validity, according to Karnofski scale, improved in the majority of patients in the first 30 days.

**Keywords:** Karnofski scale; neurosurgery; tumor resection; intracranial tumors; intraoperative ultrasound.

Recibido: 07/03/2018

Aprobado: 20/04/2018

---

## INTRODUCCIÓN

La incidencia anual de tumores malignos y no malignos cerebrales del tejido nervioso en el mundo es de 21,97/100,000 para un total de 356 858 casos nuevos. Existe mayor incidencia en las pacientes femeninas 23,95/100,000 con 206 565 casos en total.<sup>(1)</sup>

En Cuba, la tasa de incidencia para los tumores malignos cerebrales es de alrededor de 9 casos por cada 100,000. Hay valores más altos en los individuos menores de 20 años y en los mayores de 45 años. Alrededor de 1200 pacientes se diagnostican anualmente con ese tipo de tumor.<sup>(2)</sup>

Numerosos estudios demuestran que los pacientes con tumor cerebral aumentan el tiempo de sobrevida según el grado de resección tumoral. La resección del tumor es un factor pronóstico, incluso para los tratamientos oncológicos posteriores a la cirugía.<sup>(3-6)</sup> La naturaleza infiltrativa y difusa de los tumores, y el edema peritumoral (presente mayormente en los tumores de origen glial) son elementos que dificultan la resección tumoral total.

En estos pacientes oncológicos se puede evaluar la repercusión de la enfermedad en su actividad diaria mediante la escala de Karnofski (KPS), que, a menor puntuación previo a la cirugía, peor pronóstico.<sup>(7)</sup> Es muy malo en los pacientes con  $KPS < 70$  puntos.<sup>(8)</sup>

El desarrollo de técnicas microquirúrgicas y la implementación de nuevas tecnologías facilitan al cirujano la intervención quirúrgica y el tratamiento de tumores en áreas elocuentes. Los estudios tractográficos de resonancia magnética permiten localizar dichas áreas. A su vez, el mapeo cerebral con estimulación transcortical intraoperatoria en paciente despierto favorece la preservación de las áreas elocuentes.<sup>(9-11)</sup>

En la planificación quirúrgica y aplicación transoperatoria, la tomografía computarizada, la tomografía de emisión por fotón único (SPET/CT, por sus siglas en inglés), la resonancia magnética, el ultrasonido

multidimensional, la resección guiada por agentes fluorescentes como el MIBI (<sup>99m</sup>tecnecio-metoxi-isobutil-isonitrilo o sestamibi), el 5-Ácido amino levulínico (5-ALA), la cirugía Radio-Fluoro-Guiada (CRFG) son otras técnicas usadas para la detección de la resección tumoral.<sup>(12-16)</sup>

Las primeras aplicaciones de ecografía intraoperatoria en el ámbito neuroquirúrgico comenzaron en 1950.<sup>(17)</sup> Su empleo en la toma de biopsias fue iniciado por *Backlund* y otros, quienes utilizaban la ecografía lineal para comprobar la correcta dirección de las biopsias estereotáxicas.<sup>(18)</sup> El ultrasonido (US) intraoperatorio convencional fue descrito por *Jonathan Rubin* y otros en la década de los ochenta.<sup>(19)</sup> Desde entonces forma parte de las técnicas de apoyo y monitorización intraoperatoria rutinarias en numerosos servicios de neurocirugía. El US intraoperatorio tiene aplicaciones en la cirugía craneal y raquimedular. Con él se obtienen imágenes con mayor calidad. Algunos equipos presentan nuevas tecnologías como el Doppler color, múltiples dimensiones, endovasculares, contrastados.<sup>(20)</sup>

El uso de estos equipos de US se debe a todas sus ventajas: bajo costo, inocuo, reproducible, sin riesgos, sin preparaciones especiales. Permite observar, en tiempo real, la localización, el tamaño, los bordes, la relación con estructuras vecinas, la vascularización, el estado de la resección en los tumores. Puede realizarse las veces que el cirujano requiera. No usa radiaciones ionizantes, no tiene contraindicaciones específicas, ni riesgos para los pacientes o el personal médico.<sup>(21)</sup>

El ultrasonido intraoperatorio presenta limitantes propias del equipo (manejo de las ganancias, Doppler poder y 3D) y requiere adiestramiento del cirujano en la obtención e interpretación de las imágenes.<sup>(22)</sup> A pesar de su amplia disponibilidad, el US no es una herramienta usada con frecuencia en los servicios neuroquirúrgicos de Cuba, lo cual se puede deber a la poca familiarización del neurocirujano con este medio de diagnóstico y, por otro lado, a la escasa literatura en cuanto a métodos y usos en el tejido cerebral.

Se puede emplear, luego de la craneotomía sobre la duramadre, en la evasión de vasos; sobre la corteza cerebral, con la determinación de la distancia a las lesiones subcorticales; en el plan de acercamiento, resección y punción de lesiones quísticas, verificado en tiempo real, y, luego de cerrar la duramadre, permite detectar complicaciones. Siempre se debe irrigar solución salina para lograr un mejor interfaz.<sup>(23)</sup> Se requieren equipos que permitan el uso de transductores de 7-12 MHz y que el tamaño del transductor, además, permita su introducción en el área de la craneotomía.<sup>(24)</sup>

Resulta difícil en Cuba la adquisición de las últimas tecnologías en el mercado internacional, tales como los sistemas de neuronavegación, equipos de RM y TC intraoperatorias. No obstante, existen en

el mercado equipos asequibles que son fáciles de emplear y de interpretar por un personal entrenado.<sup>(25)</sup> Se necesitan variantes que resulten económicas y que garanticen una buena atención al enfermo. Una de ellas es el uso del US intraoperatorio.

Esta investigación tuvo como objetivo caracterizar las principales variables de los tumores intracraneales a través del ultrasonido intraoperatorio.

## MÉTODOS

### Diseño, contexto y participantes

Se realizó un estudio descriptivo transversal desde enero de 2013 hasta diciembre de 2016 en el Centro de Investigaciones Médico-Quirúrgicas (CIMEQ), La Habana, Cuba. Se incluyeron todos los pacientes portadores de tumores intracraneales a los que se les realizó neurocirugía transcranial. La muestra fue de 38 pacientes.

### Variables

Principales variables analizadas:

- Tipo de tumor según informe anatomopatológico: alto grado (glioblastoma multiforme, astrocitoma anaplásico, oligodendroglioma anaplásico), benignos (meningioma, schwannoma vestibular, hemangioblastoma cerebeloso, colesteatoma), metástasis, y no tumor (angioma cavernoso, fibrosis inespecífica).
- Lóbulo en que se localiza el tumor: frontal, parietal, occipital, temporal.
- Observación tumoral por US. Se clasificó en una escala de 0-3 según el método propuesto por *Mair* y otros: no se observa la lesión (0 puntos), se observa mal y no se definen bordes (1 punto), se observa bien y se definen poco los bordes (2 puntos), se observa bien y se definen bien los bordes (3 puntos).<sup>(26)</sup>
- Nivel de resección tumoral macroscópica: total (100 %), subtotal ( $\geq 90$  %) y parcial ( $< 90$  %).
- Lesiones según infiltración de áreas elocuentes: no, sí, cercanas ( $\leq 1$  cm).
- Escala de Karnofski preoperatoria y posquirúrgica a los 10 y 30 días.

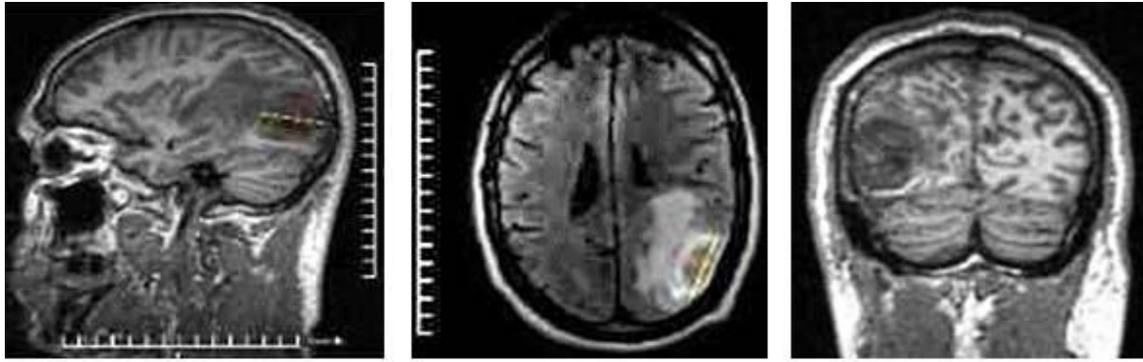
## **Intervenciones**

A todos los pacientes se les realizó una TC de cráneo multicorte y estudios de RM mediante equipo Siemens de 1.5 Tesla, imágenes en 3D, cortes de 1 mm, matriz= 256 x 256. También se hicieron estudios de tractografía con técnicas de difusión.

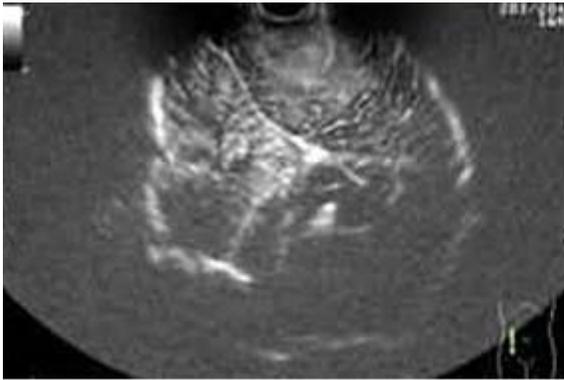
Se les realizaron cálculos preoperatorios basados en estudios previos funcionales a los pacientes con lesiones cercanas en áreas elocuentes. Se les planificó la craneotomía, el acceso quirúrgico y el apoyo con US, para evitar nuevos daños neurológicos. Para la craneotomía se empleó un software basado en la TC, la RM funcional y tractografía, creado en conjunto con el Centro de Neurociencias de Cuba, que permite realizar la apertura craneal en correspondencia con la ubicación del tumor y el tratamiento propuesto.<sup>(27)</sup>

En ningún caso la cirugía fue suspendida por complicaciones. A los pacientes que por estudios prequirúrgicos o en el acto operatorio se les observó infiltración de áreas vitales, la exéresis fue incompleta.

El equipo de US utilizado fue un Aloka *alfa* 5 Pro-Sound (imágenes en 2D, matriz= 640 x 480, transductores UST-9120, UST-5410H, UST-547 de 4-10 MHz. La apertura ósea permitió, en todos los pacientes, la introducción de los transductores de US, cubiertos de forro estéril. De manera general, se ilustran los hallazgos de dos intervenciones aplicadas en pacientes con gliomas cerebrales. **(Figs. 1 y 2).**



A



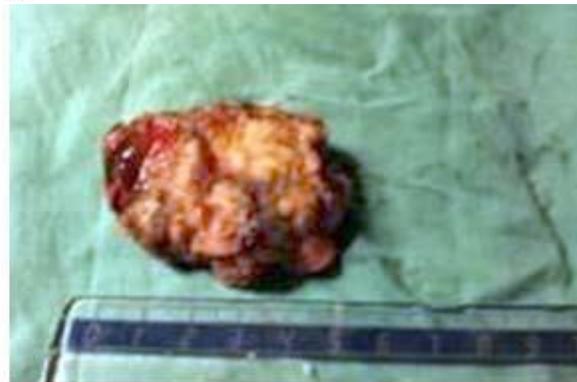
B



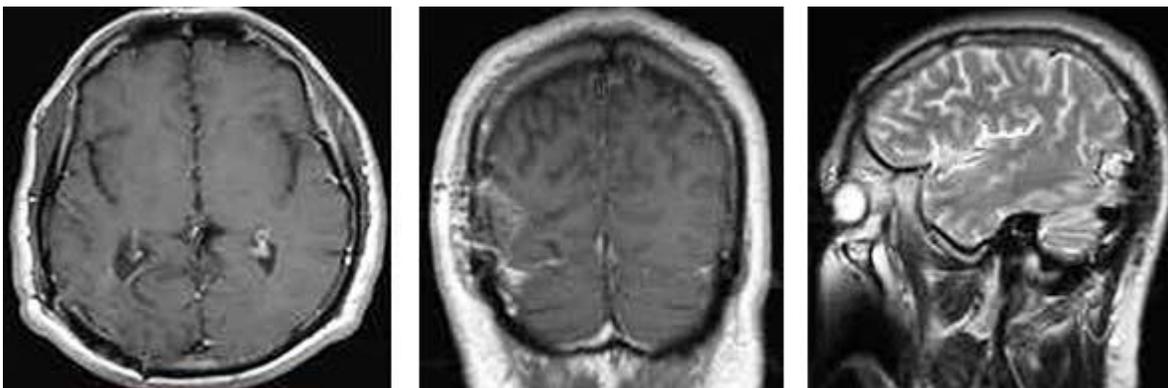
C



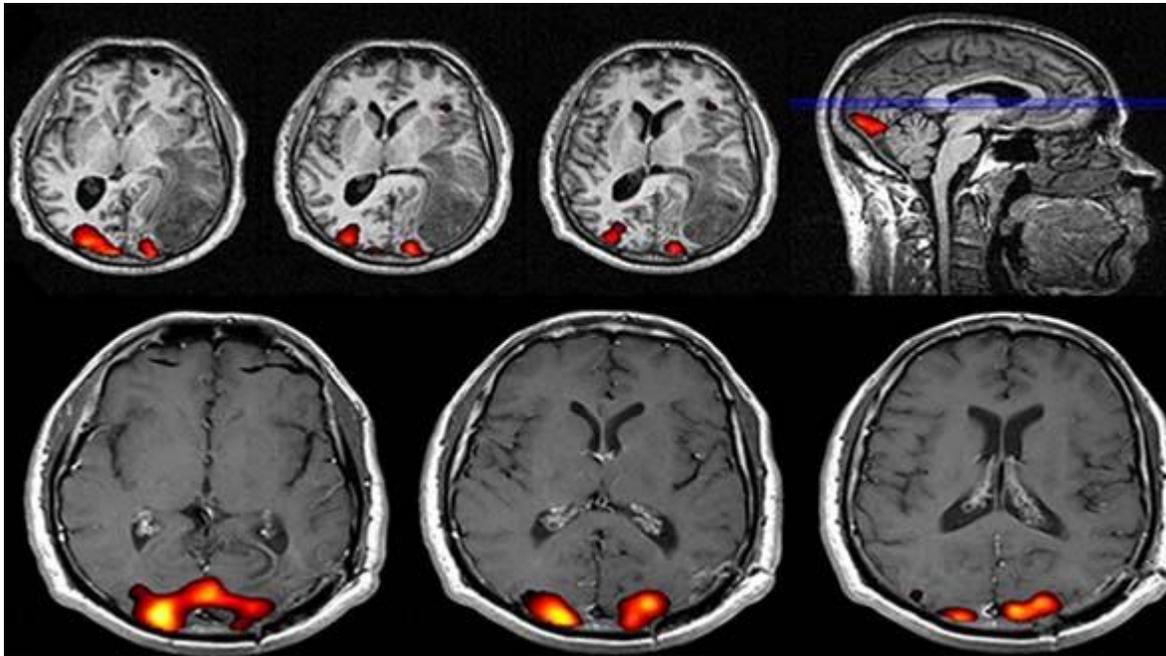
D



E

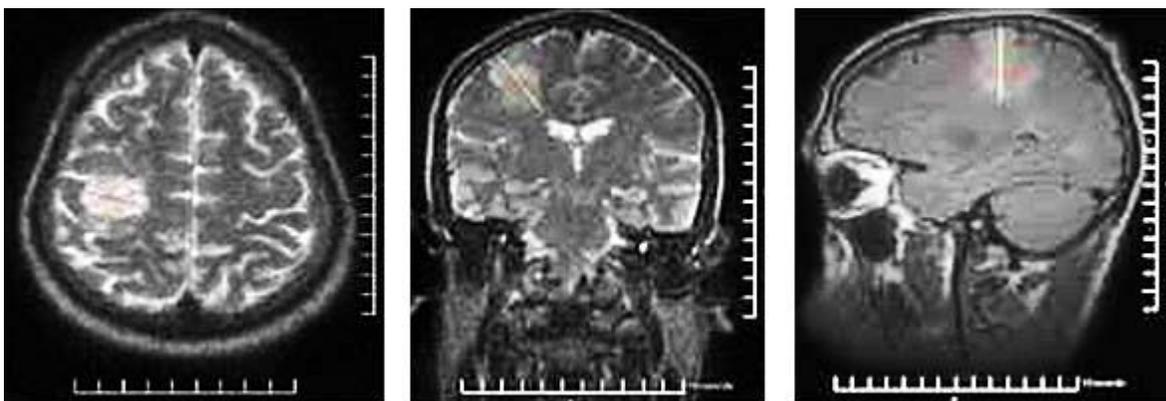


F

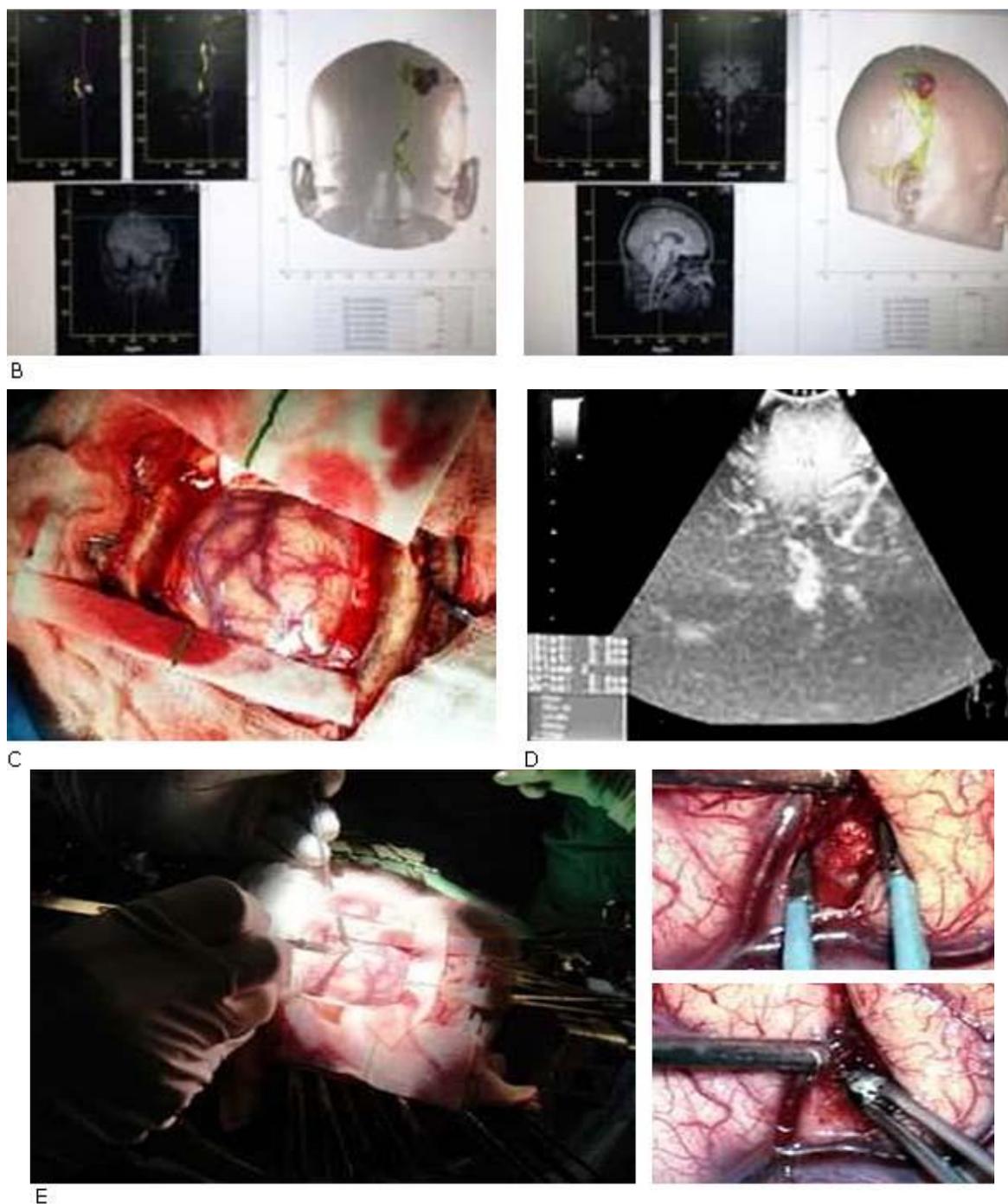


G

**Fig. 1-** Caso No. 1. Paciente masculino de 55 años de edad con glioblastoma multiforme que se le efectuó exéresis total. A) Estudios prequirúrgicos de resonancia magnética donde se observa tumor parietal posterior derecho en un corte sagital, axial y coronal. B) Ultrasonido intraoperatorio donde se visualiza el tumor, se diferencia del tejido circundante. C) Exposición del tumor. D) Lecho tumoral vacío. E) Pieza tumoral. F) Estudio posquirúrgico de resonancia magnética a los tres meses; no se observa tumor residual. G) Corteza del área visual prequirúrgica y tres meses luego de la cirugía.



A



**Fig. 2-** Caso No. 2 Paciente de 40 años de edad con oligodendroglioma en área elocuente; resección subtotal. A) Estudios preoperatorios de resonancia magnética, donde se observa tumor frontoparietal derecho. B) Planificación quirúrgica. C) Área tumoral sin cambios en la corteza. D) Ultrasonido intraoperatorio, se observa tumoración subcortical con diferenciación del tejido circundante. E) Resección tumoral. F) Lecho tumoral.

Los datos se tomaron de las historias clínicas en una planilla de recolección de datos, validada por el comité científico del hospital.

### Procesamiento estadístico

Toda la información obtenida fue transferida a una base de datos para el análisis estadístico. Se utilizó un paquete estadístico Statistic 8.0. Se calcularon las frecuencias, porcentajes, medias y desviaciones estándar, como medidas de resumen descriptivo.

### Ética

Se obtuvo el consentimiento informado de todos los pacientes. En algunos casos fue brindado por los familiares. El trabajo se rigió por los principios establecidos en los documentos adoptados por la comunidad internacional para investigaciones biomédicas en seres humanos. Además, la investigación fue evaluada y aprobada por el Comité de Ética del centro. La información obtenida se utilizó solamente con fines científicos. Se pusieron en práctica los principios de la Declaración de Helsinki.<sup>(28)</sup>

## RESULTADOS

Se operaron 38 pacientes, 14 del sexo femenino y 24 del sexo masculino. El rango de edad estuvo entre 19 años y 74 años. La mediana de edad fue de 53 años.

Las lesiones de alto grado de malignidad fueron las más frecuentes (57,9 %). El tipo de tumor predominante fue el glioblastoma multiforme (39,5 %), seguido de las metástasis y los tumores benignos. Se diagnosticó un angioma cavernoso y una fibrosis inespecífica en la porción basal del lóbulo occipital izquierdo; esos pacientes tenían diagnóstico preoperatorio de tumores (tabla 1).

**Tabla 1 - Tipos de lesiones cerebrales en los pacientes**

Tipo de lesión	N (%)	Histología específica de la lesión	N (%)
Alto grado	22 (57,9 %)	Glioblastoma multiforme	15 (39,5 %)
		Astrocitoma anaplásico	4 (10,5 %)
		Oligodendroglioma anaplásico	3 (7,9 %)
Benignos	7 (18,4 %)	Meningioma	3 (7,9 %)
		Schwannoma vestibular	2 (5,3 %)
		Hemangioblastoma cerebeloso	1 (2,6 %)

		Colesteatoma	1 (2,6 %)
Metástasis	7 (18,4 %)	Metástasis	7 (18,4 %)
No tumor	2 (5,3 %)	Angioma cavernoso	1 (2,6 %)
		Fibrosis inespecífica	1 (2,6 %)

Las localizaciones más frecuentes de los diferentes tumores fueron: lóbulo frontal, parietal y temporal de manera descendente (tabla 2). Se operaron siete pacientes (18,4 %) con lesiones metastásicas; cinco con origen pulmonar; un paciente, con origen tiroideo, y un caso con adenocarcinoma de colon.

**Tabla 2 - Histología de la lesión, según la localización, por pacientes**

Localización de la lesión	Histología de la lesión				Total
	Alto grado	Metástasis	Benigno	No tumor	
Frontal	7	2	1	1	11
Parietal	7	2	1	0	10
Temporal	6	2	0	0	8
Base craneal posterior	0	0	3	0	3
Cerebelo	0	1	1	0	2
Occipital	0	0	0	1	1
Base craneal anterior	0	0	1	0	1
Múltiples	2	0	0	0	2
Total	22	7	7	2	38

### Observación tumoral por US

Todas las lesiones por metástasis únicas fueron observadas por US. Las lesiones con componente quístico, las de alto grado de malignidad y los tumores metastásicos fueron los que mejor se observaron.

No se definieron bien los límites, con respecto al tejido sano, en cuatro de los tumores operados: tres lesiones en ángulo pontocerebeloso y una lesión abordada por vía frontal interhemisférica. Se observaron defectos técnicos en la utilización del equipo de US, dado por la profundidad y estrechez de los corredores quirúrgicos utilizados.

Con el US intraoperatorio se observaron las lesiones, los vasos sanguíneos asociados –incluidos los tumorales–, la relación con estructuras del contenido intracraneal y el volumen tumoral. Se usó para la planificación de la corticotomía en los tumores subcorticales.

Al aplicar la escala de visibilidad por US se obtuvo una puntuación de 2 puntos (10,5 %) o 3 puntos (89,5 %) en todas las tumoraciones. Ninguna lesión fue observada mal o no se observó (tabla 3).

**Tabla 3 - Puntuación por US intraoperatorio (n=38)**

Escala de visibilidad US (puntos)	N (%)
No se observa la lesión (0)	0
Se observa mal y no se definen bordes (1)	0
Se observa bien y se definen poco los bordes (2)	4 (10,5 %)
Se observa bien y se definen bien los bordes (3)	34 (89,5 %)

### Grado de resección y evolución

Se obtuvo resección total en 20 pacientes (52,6 %), subtotal en 14 (36,8 %) y parcial en 4 (10,5 %). A todos los pacientes con tumores metastásicos se les realizó la resección total y al paciente con diagnóstico de angioma cavernoso. En las lesiones de alto grado predominó la resección subtotal; y en los benignos, total. Al paciente con gliosis inespecífica se le realizó cirugía subtotal (tabla 4).

**Tabla 4 - Resección tumoral según el tipo de lesión por pacientes**

Histología de la lesión	Tipo de resección			Total
	Total	Subtotal	Parcial	
Alto grado	8	11	3	22
Benigno	4	2	1	7
Metástasis	7	0	0	7
No tumor	1	1	0	2
Total	20	14	4	38

De las 19 lesiones en áreas elocuentes se obtuvo resección total en 10 casos (52,6 %). En las 11 que estaban ubicadas a menos de 1 cm (cercanas) la exéresis fue de predominio subtotal. Se logró resección total de tumores que no estaban en áreas elocuentes en 7 de 8 casos (87,5 %).

A un paciente con lesión metastásica de origen pulmonar, situada en un área elocuente del lenguaje (Broca), se le realizó mapeo transcortical (con el sujeto despierto), monitoreo neurofisiológico y apoyo por US. Se logró la exéresis total, sin déficit posoperatorio.

La escala de KPS promedio a los 10 días de operados fue de 69,23 puntos y de 79,74 puntos a los 30 días. La puntuación por la escala de KPS mostró un aumento progresivo durante las mediciones

(tabla 5). En 35 casos se obtuvo mejor evaluación en la escala de KPS en el primer mes, siete de ellos con 100 puntos. Un paciente se mantuvo igual en la evaluación del mes, con deterioro por infección respiratoria luego de mejoría transitoria a los primeros 10 días. Los otros dos pacientes presentaron puntuación menor, representado por un paciente que falleció por traqueobronquitis bacteriana a los 18 días y la otra paciente presentó hematoma tardío del lecho quirúrgico asociado a edema cerebral y deterioro de conciencia; ambos pacientes eran portadores de glioblastoma multiforme y presentaban también una escala KPS muy baja previo a la cirugía.

**Tabla 5** - Estado clínico y nivel de validez, mediante la escala de Karnofski, por pacientes

<b>Escala de Karnofski</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>
Prequirúrgico	20	90	54,87
10 días (alta)	20	90	69,23
30 días	0	100	79,74

Cuando se compara la escala de KPS y el tipo de cirugía, el nivel de validez es superior a mayor exéresis. Fue de 89,5 puntos el promedio a los 30 días en las resecciones completas. (tabla 6).

**Tabla 6** - Escala de KPS promedio por pacientes según tipo de cirugía

<b>Tipo de cirugía</b>	<b>KPS (10 días)</b>	<b>KPS (30 días)</b>
Total (20)	74	89,5
Subtotal (14)	68,5	77,1
Parcial (4)	60	70
Promedio	69,2	79,7

Las complicaciones encontradas no fueron relacionadas con el uso del ultrasonido. Fueron por hemiparesia transitoria con lesiones en áreas motoras en dos pacientes (5,3 %), hematoma tardío del lecho quirúrgico luego de 72 horas en un paciente (2,6 %) y disfagia transitoria asociada con lesión de ángulo pontocerebeloso en un paciente (2,6 %).

## DISCUSIÓN

Las distintas lesiones primarias (origen intracraneal), operadas en esta investigación, fueron de forma decreciente: tumores gliales, derivados del mesénquima (incluyendo a los meningiomas), de células de Schwann (Schwannomas).<sup>(29,30)</sup>

El tumor más frecuente fue el glioblastoma multiforme. En otros estudios representan 2 % de todos los tipos de tumores, 50 % de los tumores cerebrales primarios en adultos, y 75 % de todas las lesiones malignas del encéfalo.<sup>(31,32)</sup>

En las lesiones secundarias (metastásicas), el origen de las metástasis operadas fue de predominio pulmonar. También en otros estudios se reportan, como tumores más frecuentes, los de pulmón, mamas, próstata, melanomas.<sup>(33-35)</sup> En la investigación se reporta un caso de metástasis de tumor de colon y de tiroides, tumores que se reportan con menor frecuencia.

En el estudio realizado por *López Hernández* y otros se abordaron tumores supratentoriales de origen glial y se utilizó el ultrasonido. Se observaron todas las lesiones operadas en el US. Tuvieron mejor definición las tumoraciones de alto grado de malignidad.<sup>(36)</sup> Otros estudios reportan que las lesiones más heterogéneas y que presentan porciones quísticas tienen mayor definición ultrasónica.<sup>(37,38)</sup>

A pesar de que se observaron todas las lesiones operadas y, con mejor definición, las de alto grado o con componente quístico, en ocasiones no se pudo lograr la exéresis total. Tal fue el caso de los dos pacientes con Schwannomas, donde hubo gran afectación e infiltración del tallo cerebral, sobre todo en uno de los pacientes que había sido operado anteriormente.

Hay estudios donde se evidencia que la resección en gliomas malignos aumenta la sobrevida del paciente. Pero, cuando la lesión afecta áreas elocuentes, la resección ideal sería sin afectar la calidad de vida del paciente, ya que estas lesiones no son curables en la actualidad.<sup>(39-41)</sup>

En otra investigación se pudo comprobar que la aplicación del US fue útil para realizar la trayectoria hacia el tumor. Se empleó la modalidad Doppler para corregir el acceso quirúrgico. Esta modalidad también fue usada en los casos que presentaban alta vascularización o relación con estructuras vasculares de importancia.<sup>(42)</sup>

En el estudio realizado por *Moiyadi* y otros, de ultrasonografía intraoperatoria en tumores intracraneales con énfasis en gliomas, se reportó buena visualización por ultrasonido en 88 % de los pacientes. Se usó la modalidad Doppler en la tercera parte de los pacientes. La resección total se logró en más de la mitad de los operados. En los tumores gliales de alto grado de malignidad se obtuvo 47 % de resección total. Se realizó el ultrasonido sin RM en 40 casos, al resto se le hizo con RM intraoperatoria.<sup>(43)</sup>

Un trabajo realizado en 2018 evaluó la resección total obtenida por US intraoperatorio a través de la RM. Luego de una semana de cirugía, se detectó falso positivo en 19 % de los casos, o sea, en estos pacientes no se había realizado exéresis total a pesar de haber sido informados como tal.<sup>(44)</sup> No fue objetivo de la investigación realizar este tipo de evaluación, pero a los casos donde se informó resección total se les realizó, posteriormente, estudios imagenológicos posquirúrgicos.

En el estudio de *Mari* y otros se reportó localización y definición con US en 100 % de los casos. Hubo una resección total de 89,7 % y parcial de 10,3 %. Se empleó la comprobación de RM contrastada en el posoperatorio.<sup>(45)</sup> Aunque este trabajo no explica si había lesiones en áreas elocuentes, los resultados fueron similares al nuestro.

En una investigación realizada por *García* y otros se observó que con mayor resección se obtiene mayor KPS a los 3 meses de seguimiento (94,7 % de los casos con puntuación entre 90 y 100 puntos).<sup>(46)</sup> Por su parte, *Ammirati* y otros evaluaron la calidad de vida en pacientes operados de lesiones primarias malignas cerebrales.<sup>(47)</sup> En este estudio se detectó que el grupo con mayor resección presentó, en el momento del alta hospitalaria, mayor KPS y permanecieron, por encima de 70 puntos, mayor tiempo que el resto.

Las lesiones de alto grado de malignidad fueron las más frecuentes. El uso del US intraoperatorio permitió caracterizar todas las lesiones en tiempo real. Fue útil para planificar la corticotomía y verificar el nivel de la resección. Se observaron todas las lesiones por US y, en la mayoría, se definieron los bordes. Las lesiones de mayor definición fueron los gliomas de alto grado, las metástasis y con componentes quísticos. Se verificó una resección tumoral eficaz, a pesar de que muchas lesiones se encontraban cerca o en áreas elocuentes. El estado clínico y el nivel de capacidades según la escala de KPS mejoró en los primeros 30 días para la mayoría de los casos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ostrom Q, Gittleman H, Fulop J, Liu M, Blanda R, Kromer C, et al. CBTRUS Statistical Report: Primary Brain and Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States in 2008-2012. *Neuro Oncol.* 2015;17(s4):iv1-iv66.
2. Ministerio de Salud Pública. Anuario Estadístico de Cuba 2015 [Internet]. 44<sup>a</sup>. ed. La Habana: Dirección Nacional de Registros Médicos y Estadísticas de Salud; 2016 [citado: 26/01/2018]. Disponible en: [http://files.sld.cu/dne/files/2016/04/Anuario\\_2015\\_electronico-1.pdf](http://files.sld.cu/dne/files/2016/04/Anuario_2015_electronico-1.pdf)
3. Kreth FW, Thon N, Simon M, Westphal M, Schackert G, Nikkhah G, et al. Gross total but not incomplete resection of glioblastoma prolongs survival in the era of radiochemotherapy. *Ann Oncol.* 2013;24(12):3117-23.
4. Preuss M, Werner P, Barthel H, Nestler U, Christiansen H, Hirsch FW, et al. Integrated PET/MRI for planning navigated biopsies in pediatric brain tumors. *Childs Nerv Syst.* 2014;30:1399-403.
5. Martínez Tamborini N, Báez A, Casas Parera I, Halfon MJ, Báez M, Blumenkrantz Y. Tumores gliales del sistema nervioso: planificación y porcentaje de resección. *Neurol Arg.* 2013;5(2):129-32.
6. Stummer W, Van den Bent MJ, Westphal M. Cytoreductive surgery of glioblastoma as the key to successful adjuvant therapies: New arguments in an old discussion. *Acta Neurochir (Wien).* 2011;153:1211-18.
7. Terret C, Albrand G, Moncenix G, Droz JP. Karnofsky Performance Scale (KPS) or Physical Performance Test (PPT)? That is the question. *Crit Rev Oncol Hematol.* 2011;77:142-47.
8. Alonso D, Matallanas M, Riveros Pérez A, Pérez Payoa M, Blanco S. Factores pronósticos y predictivos en gliomas de alto grado. Experiencia en nuestro centro. *Neurocirugía [Internet].* 2017 [citado: 26/01/2018];28(6):276-83. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S113014731730088X>.
9. Martínez F, Salle; Moragues R, Bertullo G. Utilidad de la estimulación intraoperatoria en cirugía de procesos expansivos intracraneanos bajo anestesia general. *Rev Urug Med Int.* 2017;2(1):58-63.
10. Orozco Ramírez SM, Hernández Sánchez BM, Miranda González, De Alba Salmerón AL. Técnica anestésica paciente dormido-despierto para craneotomía de tumores en áreas funcionales. Reporte de dos casos. *Rev Mex Anest.* 2017;40(4):312-9.

11. Ma J, Su S, Yue S, Zhao Y, Li Y, Chen X, et al. Preoperative Visualization of Cranial Nerves in Skull Base Tumor Surgery Using Diffusion Tensor Imaging Technology. *Turk Neurosurg.* 2016;26(6):805-12.
12. Vidal Sicarta S, Valdés Olmos R, Nieweg OE, Faccini R, Grootendorst MR, Wester HJ. De la imagen intervencionista a la guía intraoperatoria: nuevas perspectivas combinando herramientas avanzadas y navegación con la cirugía radioguiada. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol.* 2018;37(1):28-40.
13. Sabet H, Stack BC, Nagarkar VV. A hand-held, intraoperative positron imaging probe for surgical applications. *IEEE Trans Nucl Sci.* 2015;62(5):1927-34. doi: 10.1109/TNS.2015.2446434
14. Gao Y, Han Y, Nan G, Hu M, Zhou X, Hu X. Value of CT-MRI fusion in iodine-125 brachytherapy for high-grade glioma. *Oncotarget.* 2017;8(68):112883-92.
15. Quick-Weller J, Lescher S, Forster MT. Combination of 5-ALA and iMRI in re-resection of recurrent glioblastoma. *Br J Neurosurg.* 2016;30:313-7.
16. López Piloto O, Salva Camaño S, González González J, Cruz Hernández TM, Martínez Suarez E, López Arbolay O, et al. Cirugía radio-fluoro guiada en los gliomas de alto grado Radio-fluoro guided surgery in high grade gliomas. *Rev Chil Neurocir.* 2015;41:174-9.
17. French L A, Wild JJ, Neal D. Detection of cerebral tumors by ultrasonic pulses. *Cancer.* 1950;3:705-8.
18. Backlund E, Levander B, Greitz T. Stereotactic exploration of brain tumors by ultrasound. *Acta Radiológica.* 1976;16:117-22.
19. Rubin JM, Mirfakhraee M, Dohrmann GJ, Brown F. Intraoperative ultrasound examination of the brain. *Radiology.* 1980;137:831-2.
20. Hwang M, Riggs BJ, Katz J, Seyfert D, Northington F, Shenandoah R, et al. Advanced Pediatric Neurosonography Techniques: Contrast-Enhanced Ultrasonography, Elastography, and Beyond. *J Neuroimaging.* 2018 Mar;28(2):150-7. doi: 10.1111/jon.12492
21. Poggio GA, Mariano J, Gopar LA, Ucar ME. La ecografía primero: ¿Por qué, cómo y cuándo? *Rev argent radiol* [Internet]. 2017 Sept. [citado: 30/01/2018];81(3):192-203. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1852-99922017000300003&lng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-99922017000300003&lng=es).

22. Ganau M, Syrmos N, Martin AR, Jiang F, Michael G. Fehlings. Intraoperative ultrasound in spine surgery: history, current applications, future developments. *Quant Imaging Med Surg.* 2018;8(3):261-7.
23. Coburger J, König RW. Intraoperative Findings in Brain Tumor Surgery. In: Prada F, Solbiati L, Martegani A, DiMeco F (eds). *Intraoperative Ultrasound (IOUS) in Neurosurgery* [Internet]. Cham: Springer International Publishing Switzerland; 2016 [citado: 30/01/2018]. p.41-58. Disponible en: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-25268-1>
24. Van Leyen K, Klotzsch C, Harrer JU. Brain tumor imaging with transcranial sonography: state of the art and review of the literature. *Ultraschall Med.* 2011;32:572-81. doi: 10.1055/s-0031-1273443.
25. El Beltagy MA, Aggag M, Kamal M. Role of intraoperative ultrasound in resection of pediatric brain tumors. *Childs Nerv Syst.* 2010;26:1189-93. doi: 10.1007/s00381-010-1091-4.
26. Mair R, Heald J, Poeta J, Ivanov M. A practical grading system of ultrasonographic visibility for intracerebral lesions. *Acta Neurochir.* 2013;155(12):2293-98. doi: 10.1007/s00701-013-1868-9
27. Yusniel SR, Figueredo J, López Inguanzo J, Ontivero M, Gongora D, Iglesias Fuster J, et al. Co-registration methods for 2D ultrasound and nuclear magnetic resonance images. *Front Neuroinform. Conference Abstract: Neuroinformatics.* 2013. doi: 10.3389/conf.fninf.2013.09.00121.
28. World Medical Associations Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *J Am Coll Dent* [Internet]. 2014 [citado: 10/02/2018];81(3):14-8. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25951678>
29. Mehta M, Vogelbaum MA, Chang S. Neoplasms of the central nervous system. In: De Vita VT Jr, Lawrence TS, Rosenberg SA: *Cancer: Principles and Practice of Oncology.* 9th ed. Philadelphia, Pa: Lippincott Williams & Wilkins; 2011. p. 1700-49.
30. Amrawy F, Othman A, Adkins C, Helmy A, Nounou M. Tailored nanocarriers and bioconjugates for combating glioblastoma and other brain tumors. *J Cancer Metastasis Treat.* 2016;2(113):112-22. doi:10.20517/2394-4722.2015.78
31. Verger F, Vargas M, Valduvico I. Localizaciones tumorales específicas. Diagnóstico y tratamiento. En: Calvo FA, Biete A, Pedraza V. *Oncología Radioterápica: principios, métodos, gestión y práctica clínica.* 1ª ed. Madrid: Arán; 2010. p. 589-1234.

32. Vernooi MW, Ikram MA, Tanghe HL, Vincent AJ, Hofman A, Krestin GP, et al. Incidental findings on brain MRI in the general population. *N Engl J Med.* 2007;357:1821-8.
33. Nayak L, Lee EQ, Wen PY. Epidemiology of brain metastases. *Current oncology reports. Curr Oncol Rep.* 2012;14:48-54.
34. Tabatabai G, Koch M, Roggia C, Ebert J, Garbe C, Meier F, et al. Interdisciplinary management of CNS metastasis and neoplastic meningitis: recent developments and future perspectives. *J Cancer Metastasis Treat.* 2016;2:163-75. doi:10.20517/2394-4722.2016.01
35. Chi Ramírez D, Forteza Sáez M, Galán Álvarez Y, Chon Rivas I, Ortiz Reyes RM, Caballero García J. Mortalidad por metástasis encefálica (La Habana, 2006-2008). *Rev Cubana Neurol Neurocir [Internet].* 2014 [citado: 12/01/2018];4(2):109-16. Disponible en: <http://revneuro.sld.cu/index.php/neu/article/viewFile/134/pdf>
36. López Hernández F, Hernández Palazón J, Reus Pintado M, Garrido Gómez JI, Martínez Lage JF. Craneotomía guiada por ultrasonografía bidimensional para exéresis de tumor cerebral supratentorial. *Neurocirugía.* 2008;19:530-6.
37. Senft C, Bink A, Franz K, Vatter H, Gasser T, Seifert V. Intraoperative MRI guidance and extent of resection in glioma surgery: a randomised, controlled trial. *Lancet Oncol.* 2011;12(11):997-1003. doi: 10.1016/S1470-2045(11)70196-6.
38. Díez Valle R, Tejada Solis S, Idoate Gastearena MA, García de Eulate R, Domínguez Echávarri P, Aristu Mendiroz J. Surgery guided by 5-aminolevulinic fluorescence in glioblastoma: volumetric analysis of extent of resection in single-center experience. *J Neurooncol.* 2011;102:105-13.
39. Sanai N, Polley MY, McDermott MW, Parsa AT, Berger MS. An extent of resection threshold for newly diagnosed glioblastomas. *J Neurosurg.* 2011;115:3-8.
40. Sanai N, Berger MS. Glioma extent of resection and its impact on patient outcome. *Neurosurgery.* 2008;(62):753-66.
41. D'amico RS, Kennedy BC, Bruce JN. Neurosurgical oncology: advances in operative technologies and adjuncts. *Neurooncol.* 2014;119:451-63.

42. Picarelli H, de Lima Oliveira M, Bor-Seng-Shu E, Carvalhal Ribas ES, Maria Santos E, Jacobsen Teixeira M. Intraoperative ultrasonography for presumed brain metastases: a case series study. *Arq Neuropsiquiatr*. 2012;70(10):793-8.
43. Moiyadi AV, Shetty PM, Mahajan A, Udare A, Sridhar E. Usefulness of three-dimensional navigable intraoperative ultrasound in resection of brain tumors with a special emphasis on malignant gliomas. *Acta Neurochir (Wien)*. 2013;155(12):2217-25. doi: 10.1007/s00701-013-1881-z.
44. Sweeney JF, Smith H, Taplin A, Perloff E, Adamo MA. Efficacy of intraoperative ultrasonography in neurosurgical tumor resection. *Journal of Neurosurgery* [Internet]. 2018 [citado: 13/02/2018];21(5):504-10. Disponible en: <http://thejns.org/doi/abs/10.3171/2017.11.PEDS17473>
45. Mari AR, Shah I, Imran M, Ashraf J. Role of intraoperative ultrasound in achieving complete resection of intra-axial solid brain tumours. *J Pak Med Assoc*. 2014;64(12):1343-7.
46. García Feliciano F, Vaca Ruíz MA, Gaona Valle LS. Pronóstico funcional y días de estancia intrahospitalaria en pacientes sometidos a resección de lesiones supratentoriales, en áreas cerebrales elocuentes, con técnica de craneotomía en paciente despierto versus craneotomía convencional [tesis que para obtener el diploma de posgrado en la especialidad de Neurocirugía en Internet]. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México; 2014 [citado: 20/01/2018]. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/59197>
47. Ammirati M, Vick N, Liao Y, Ciric I, Mikhael M. Effect of extent of surgical resection on survival and quality of life in patients with supratentorial glioblastomas and anaplastic astrocytoma's. *Neurosurgery*. 1987;21(2):201-6.

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.