

ULTRASONOGRAFÍA INTRAOPERATORIA DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL



ASPECTOS TÉCNICOS E IMÁGENES DE ULTRASONOGRAFÍA INTRAOPERATORIA EN NEUROCIRUGÍA

Dr. Eduardo Lovo

página en blanco



PROLOGO

El uso de ultrasonido en especial para tumores del sistema nervioso central ha demostrado ser muy práctico y útil para detectar residuos tumorales durante la cirugía. Por la simplicidad en su uso estas maquinas ultrasonograficas pueden ser utilizados por neurocirujanos sin necesidad de asistencia técnica. En su libro el Dr. Lovo de manera clara y sucinta describe el uso de ultrasonido en el campo quirúrgico. Este libro bien escrito está dividido en capítulos fáciles de seguir. Comienza con la historia del ultrasonido en el sistema nervioso central, las imágenes ultrasonograficas en conjunto con las imágenes de Resonancia Magnética y las ilustraciones hacen esta obra fácil de seguir y comprender. La calidad de imágenes es buena y proporciona ejemplos de tumores antes y después de la cirugía, realizadas en un hospital con basta práctica neuroquirurgica.

Yo felicito a los autores en esta obra excelente en la cual yo creo que será una adición útil para las librerías de hospitales y neurocirujanos que emplean ultrasonido como complemento intraoperatorio. Creo que esto será muy útil para guiar estudiantes de medicina y residentes de neurocirugía que quieran familiarizarse con aspectos básicos de ultrasonografía intraoperatoria del sistema nervioso central.

Sujit S. Prabhu MD, FRCS

Profesor asociado en neurocirugía,
Universidad de Texas MD Anderson Cancer Center.
Houston, Texas, USA.



PREFACIO

La neurocirugía es una especialidad impulsada por tecnología. Son estos avances tecnológicos los cuales permiten empujar al límite la técnica quirúrgica, ser cada vez más preciso, ocasionar menos daño y operar lesiones que previamente eran consideradas inoperables, mejorando como consecuencia la calidad de vida de los pacientes.

El ultrasonido intraoperatorio en neurocirugía no es nuevo, ni tampoco altamente sofisticado al compararlo contra otros sistemas de Cirugía Guiada por Imágenes (CGI). Ha estado presente en la neurocirugía por más de 50 años y probablemente continuará en uso en su forma actual o alguna de sus variantes por muchos años más. Lo que ha hecho a esta herramienta tan confiable es probablemente su simplicidad, no requiere ningún tipo de imágenes previas, no requiere de programación, tampoco experimenta problemas de calibración, no es afectada por deformidad o desplazamiento de las estructuras intracerebrales y la información que brinda al neurocirujano es en tiempo real. Finalmente, el ultrasonido está ampliamente disponible en la mayoría de centros en donde se practica la neurocirugía.

El presente trabajo es una recopilación casos en los cuales se muestran las imágenes de ultrasonografía intraoperatoria con correlación de resonancia magnética (RM), se han hecho todos los esfuerzos de encontrar las imágenes de RM que más asemejan el corte ultrasonográfico en quirófano, tomando en consideración la inmensa variabilidad de angulaciones que el ultrasonido proporciona, por ende algunas de las imágenes de RM no se correlacionan con exactitud absoluta a la del ultrasonido; no obstante, las imágenes de RM están intencionadas para facilitar la “transición mental” del neurocirujano entre una imagen familiar (RM) a una que no lo es (Ultrasonido). En la descripción de los aspectos técnicos, se consideran los puntos más esenciales y prácticos que el neurocirujano debe de conocer sobre ultrasonido y como aplicarlos en quirófano. El ultrasonido es una herramienta en neurocirugía que está siendo explotada y llevada a sus máximas capacidades alrededor del mundo, el conocer esta tecnología traerá gran provecho al cirujano.

La intención de esta obra es que logre facilitar el uso de esta valiosa herramienta en aquellos programas emergentes o ya establecidos que buscan tener información más allá de la que el ojo humano puede entregar. El ultrasonido es justamente eso, una herramienta que facilita, como toda herramienta debe de ser utilizada con el juicio y experiencia quirúrgica que caracteriza una intervención exitosa.



AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a todos los colegas que participaron en la realización de esta obra, en particular al Dr. Rafael Martínez Cortez, Emilio Ahues, Mario Minervini, Juan Antonio Alfaro, Rodolfo Millaflor, al Instituto de Neurociencias del Hospital de Diagnóstico (INC) y a todo el personal de quirófano del Hospital de Diagnóstico (HD), equipo humano de excepcionales cualidades humanas con los cuales he tenido el honor de trabajar. Al Dr. Rodrigo Brito y al personal administrativo del HD, los cuales han impulsado el desarrollo de la neurocirugía nacional.

Agradecer a los pacientes que han depositado sus vidas a nuestro cuidado.

Sobre todo quisiera agradecer a mi familia: a mis padres y hermanos por todas sus continuas enseñanzas, pero en particular a Francisca y Sofía las cuales han sido una fuente permanente de motivación, amor y apoyo.

Dr. Eduardo Lovo

San Salvador, El Salvador

Mayo del 2010

INDICE

► Prólogo	01
► Prefacio	02
► AGRADECIMIENTOS	03
► Acerca del autor	06
► HISTORIA DEL ULTRASONIDO	07 - 11
► Ultrasonografía Cerebral Intraoperatoria	08
► Ultrasonografía Intraoperatoria en El Salvador C.A.	11
► Referencias	12
► PRINCIPIOS FISICOS DE LA ECOGRAFIA	13 - 20
► Representación de la imagen.	14
► Selección del transductor.	14
► Aspectos técnicos de ultrasonografía intraoperatoria del sistema nervioso central (CNS).	14
► Equipo y Transductor.	14
► Cortes del transductor.	15 - 17
► Diales	18
► Preparación y realización de un estudio en quirófano.	19
► Iniciando un programa de ultrasonografía intraoperatoria.	20

■ CASOS		21 - 62
■ Región temporal		22 - 26
■ Tumores de alto grado y otras lesiones malignas		27 - 38
■ Tumores de bajo grado y otras lesiones benignas		39 - 53
■ Fosa posterior		54 - 57
■ Hematoma		58 - 62
■ Otras áreas		63 - 65

Acerca del autor.

El Dr. Eduardo Lovo realizó sus estudios de neurocirugía en la Pontificia Universidad Católica de Chile, posteriormente realizó estudios en oncología neuroquirúrgica en el MD Anderson Cancer Center en Houston Texas. A inicios del 2007 constituyó el Programa de Neuro-Oncología del Hospital de Diagnóstico de El Salvador, bajo este programa el Hospital de Diagnóstico rápidamente adquirió la tecnología necesaria para poder realizar resecciones tumorales en cerebro dando cumplimiento a estándares de calidad internacional. En tres años el Hospital de Diagnóstico experimentó un crecimiento sin precedentes en la región centroamericana, paso de tecnología básica a cirugía guiada por imágenes, técnicas de craneotomía vigíl, mapeo cortical y recientemente a la creación del primer Centro Internacional de Cáncer en el país el cual apoya el Programa de Neuro-Oncología con el primer sistema de radiocirugía basado en Tomoterapia en la región Latinoamericana.

Actualmente el Dr. Eduardo Lovo es el coordinador del Programa de Neuro-Oncología y del Programa de Radiocirugía Cerebral y Espinal del Centro Internacional de Cáncer del Hospital de Diagnóstico.

HISTORIA DEL ULTRASONIDO

Dra. Raquel Soto, Dr. Héctor Moreira, Dr. Franklin Mónico y Dr. Eduardo Lovo.

El desarrollo del ultrasonido diagnóstico ha sido relativamente lento al compararlo con el desarrollo de los Rayos X y su aplicación médica.

En 1794, Spallanzani observó a los murciélagos volando en la oscuridad y evadiendo obstáculos, asumió que eran guiados por sonidos y no por la luz. Teorizó que el sonido producido por los murciélagos no era percibido por el oído humano.



Principio "sonar" de los murciélagos. Los murciélagos emiten sonidos con una frecuencia de vibraciones entre 50,000 y 200,000 por segundo, estos sonidos son repetidos entre 20 y 30 veces por segundo, permitiéndoles por el eco entender su entorno y detectar a su presa.

En 1880 Pierre and Jacques Curie, descubrieron el efecto piezoeléctrico, en el cual una carga eléctrica es producida en respuesta a la aplicación de presión mecánica en materiales como el cuarzo y otras cerámicas. Un año después los hermanos Curie demostraron que un potencial eléctrico aplicado a través de un cuarzo causaba alternancia y expansión, es decir vibraciones transmitidas a través del medio circundante como ondas de sonido y que pudieran ser grabadas en dispositivos adecuados.

El interés en obtener imágenes ultrasónicas presentó un auge con el desastre del Titanic en 1912, como un esfuerzo para detectar obstáculos bajo el mar. Paul Langevin, un físico Francés y sus asociados durante la Primera Guerra Mundial desarrollaron el uso de ultrasonidos de alta frecuencia para detectar submarinos enemigos, lo que fue el precursor del sistema (SONAR) Sound Navigation and Ranging, sistema para la detección de objetos bajo el agua, desarrollado por los Estados Unidos.

Las observaciones de Langevin, incluían que las ondas de

ultrasonido podían destruir pequeños pescados al hacer contacto con ellos y ocasionar dolor en la mano al introducirla en un estanque de agua y aplicar insonaciones de lata frecuencia; de allí que en Alemania se utilizó el ultrasonido de alta frecuencia para el tratamiento del cáncer primero y no como tecnología

de diagnóstico e imagen. Durante los años 50 en neurocirugía William Fry y Russell Myers en la Universidad de Iowa utilizaron ultrasonido focalizado para destruir ganglios de la base en pacientes con Parkinsonismo.

En 1941 en Inglaterra Donald Sproule desarrolló un Sistema de Transductores que detectara ecos que retornaban tras una aplicación de pulsos. La primera aplicación clínica en radiología e imagen exitosa del ultrasonido se reportó por el neurólogo y psiquiatra Austriaco Karl Dussik y su hermano el físico Frederick Dussik, durante 1942 y 1947; los Dussik introdujeron el Hiperfonografo, "Técnica de Transmisión a Través" lo utilizaron para obtener una eco-imagen de los ventrículos del cerebro o ventrículogramas por vía transcraneal utilizando un sistema rudimentario de transmisión acústica con una interfaz acuática.

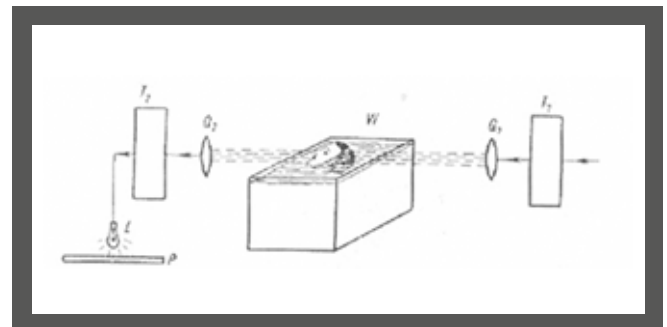


Diagrama original de Dussik. T1 – Generador ultrasónico, Q1-- Transmisor, Q2 -- Receptor, T2 – Amplificador convertidor, W – Tina de Agua, L -- luz, P – Papel fotográfico termosensible

En Estados Unidos, Geroqe Ludwin en 1949, del Instituto de Investigaciones Militares Navales, experimentó para detectar cálculos biliares y cuerpos extraños incrustados en tejidos utilizando un método similar. En la Universidad de Minnesota, el inglés John Wild, intentó usar ultrasonido para medir el engrosamiento de la pared intestinal en el diagnóstico de crisis aguda del intestino y demostró un patrón de ecos diferente para las diversas capas intestinales, distinguiendo el patrón normal de aquellos con infiltración tumoral.

En colaboración con el Ingeniero John M. Reid, Wild desarrolló el sistema de exploración Bidimensional (modo B) entre los

años 1951-56 e introdujeron el primer escáner portátil de contacto para la exploración de la mama. Posteriormente Reid desarrolló el primer eco-cardiógrafo en los Estados Unidos durante su tesis doctoral (1957-65)

En Colorado, Douglas Howry en colaboración con el Ingeniero Roderic Bliss, inician la idea del uso de un dispositivo de ultrasonido directamente sobre el cuerpo que pueda reflejar las interfaces de los tejidos. Su sistema lo construyen a partir de un radar amplificador, las exploraciones las hacen con un transductor inmerso en agua que permitió la transmisión de ondas de sonido hacia el objeto examinado.

En 1957 – 1958, se diseñó el Pan Scanner, donde el transductor rota en una solución acuosa alrededor del paciente, capaz de producir imágenes 2-D de calidad y de forma reproducible. Posteriormente Holmes y William Wright en colaboración con Ralph Meyerdick, en 1962 desarrollan el primer Scanner de Contacto Compuesto, lo cual fue el precursor del ultrasonido moderno.

Ultrasonografía Cerebral Intraoperatoria

En 1950 French et al. (1) extiende sus investigaciones sobre los patrones de ecos utilizando la técnica de ecos pulsados, desde el abdomen y la mama hasta el cerebro. Después de que experimentos en animales mostraron la seguridad del método, el transductor de mano se utilizó directamente en el cerebro humano (post craneotomía) logrando localizar un tumor cerebral utilizando un ultrasonido uni-dimensional de modo "A" con un transductor de 15Hz. Ellos encontraron que la textura del tumor ultrasonográficamente variaba en intensidad al doble cuando se comparaba con el tejido sano. Posteriormente el Dr. William Peyton de la Universidad de Minnesota en el año 1951, utilizando un transductor ultrasonográfico en quirófano logra localizar un Glioblastoma Multiforme ubicado en la región parietal. En el año 1953 Leksell (2) utiliza la ecoencefalografía con un transductor de baja frecuencia que permitía penetración profunda en los tejidos con menor dispersión; fue el primero en utilizar el ultrasonido en el cráneo de niños, el cual por su delgadez permitía menor dispersión de las ondas. Dos años más tarde reporta el uso de ultrasonido para localizar complicaciones producto de traumas ocasionados en el espacio supratentorial.

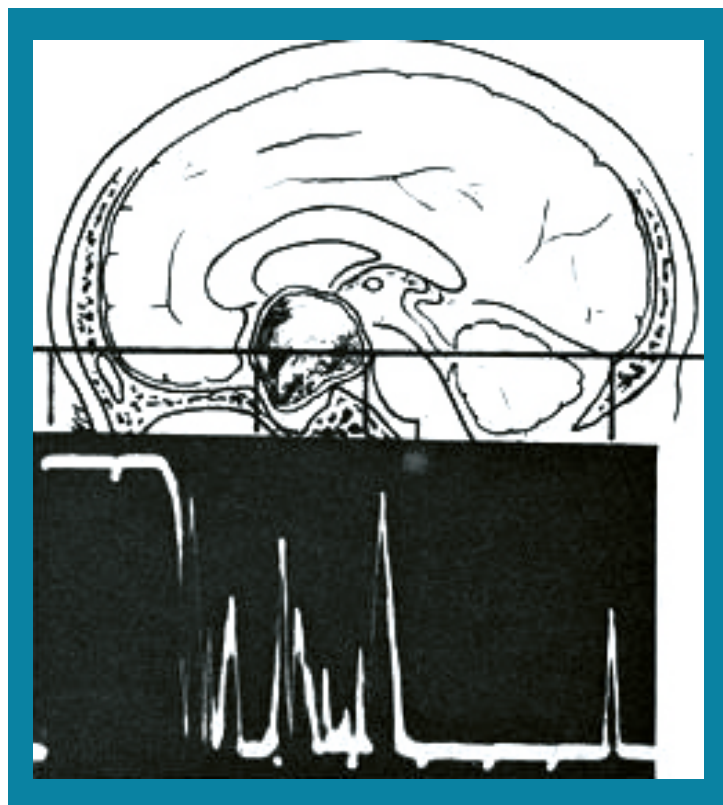


Imagen en caricatura y su representación de ultrasonografía Modo "A" para la localización de tumores cerebrales. Tanaka K, Ito K, Wagai T JNS 1965; 23, 135-147. Copyright and permission granted by: Rockwater Inc.

Kurze et al en 1965 (3) reportan su experiencia sobre el uso del ultrasonido en quirófano en cirugía cerebral en 159 casos. Él al igual que otros autores de la época (4,5) había ya demostrado la utilidad que esta herramienta podía traer a la neurocirugía.

El Dr. Earl Walker en 1966 (6) del Hospital Johns Hopkins en Baltimore MD, escribe: "Para que el neurocirujano pueda realizar una apertura dural de manera adecuada, él debe de tener un conocimiento preciso de los límites de la lesión que se encuentra por debajo, ecoencefalografía es un método simple y seguro de obtener esta información." Palabras tan válidas en ese entonces como lo son hoy en día.

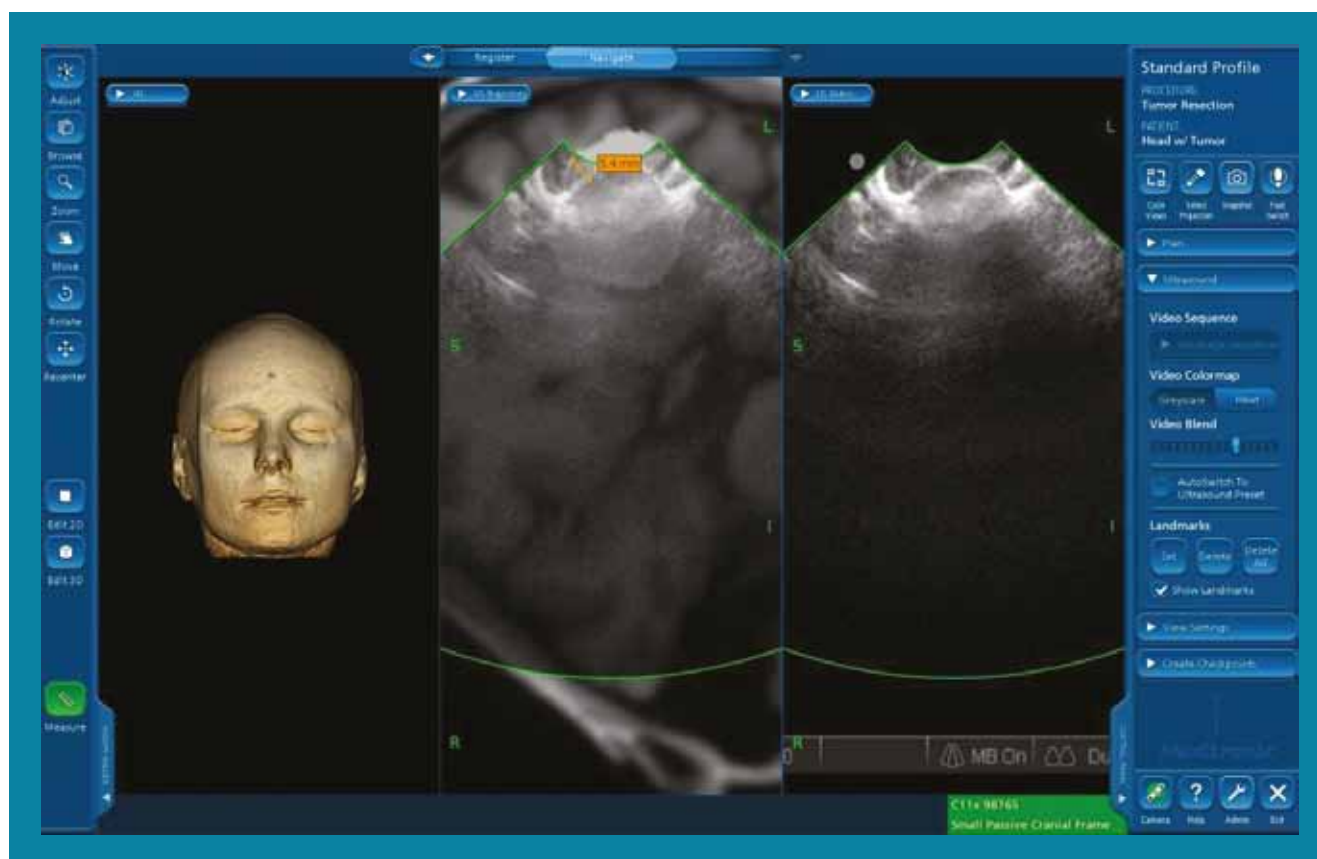
Sin embargo, no fue hasta principios de 1980 que la tecnología ultrasonográfica permitió un escaneo sectorial en tiempo real en modo "B" que mejoraba drásticamente la visualización en tiempo real. Fue así que casi de manera simultánea grupos diferentes comienzan a utilizar esta nueva modalidad en quirófano con intención de localizar lesiones intraparenquimatosas cerebrales (7,8), llegando en su mayoría a la misma conclusión, la cual era que la mejoría en imagen permitía localizar la patología en todos los casos y definir rutas de acceso más directas a las lesiones.



Ultrasonido a principios de los 80, modo "B" de tumor cerebral intraparenquimatoso.

En la era de los 90s y el 2000, con el advenimiento de la Cirugía Guiada por Imágenes (CGI) el ultrasonido intraoperatorio (USGIOP) continuó mostrando su importancia en cirugía tumoral utilizado por si solo o como complemento de CGI (9,10,11,12).

En la actualidad los avances imagenológicos ultrasonográficos más significativos para neurocirugía han sido en reconstrucción 3D (13,14,15,16,17,18), 4D (3D en tiempo real), co-registro y corrección de CGI al acontecer deformidad cerebral durante la resección tumoral.



StealthStation® S7® Navigation System and SonoNav™ Intraoperative Imaging System. 3 vistas mostrando la medición del desplazamiento cerebral (Brainshift). Imágenes proporcionadas por Medtronic, Inc. Minneapolis, Minnesota USA.

Otros avances significativos han sido en los transductores los cuales han permitido la toma de biopsias guiadas por USG, y la visualización de espacios pequeños y profundos como la región selar en abordajes endonasales(19). Integraciones con técnicas de Doppler-color han permitido definir permeabilización de vasos sanguíneos en neurocirugía vascular, irrigación tumoral, etc.



2010, Ultrasonido Intracelular Transesfenoidal. Cortesía de Ole Solheim MD.
Department of Neurosurgery St. Olavs University Hospital, Trondheim Norway.

A pesar de los avances en ultrasonografía 3D, el ultrasonido convencional en su versión 2D modo "B" continúa siendo el más ampliamente utilizado, comparándolo inclusive contra Resonancia Magnética Intraoperatoria (RMIOP) (20). Venelin et. al, recientemente demuestra lo valioso que es esta herramienta en neuro-oncología al compararla contra RMIOP, en este estudio solo en dos casos de 27 pacientes en el cual hubo remanente tumoral <1cm, el ultrasonido falló en detectarlo al compararlo contra la RMIOP de 1.5 tesla (21).

Ultrasonografía Intraoperatoria en El Salvador C.A.

La experiencia en el uso de esta tecnología fue adquirida durante los años 2003-4 en la Pontificia Universidad Católica de Chile, durante la realización del primer reporte sobre los aspectos técnicos necesarios para realizar adecuadas ultrasonografías intraoperatorias (22). A pesar que el transductor que se utilizó en esa ocasión no era el ideal para neurocirugía (modelo L38/5-10 Mhz), ya que era lineal de 38mm de longitud, si cumplía con los Mhz necesarios para lograr visualizaciones adecuadas de lesiones subcorticales.



2005, Fotografía en quirófano (Pontificia Universidad Católica de Chile) de los casos iniciales de ultrasonografía intraoperatoria visualizados con un modelo Titan™ (Sonosite Inc. Bothell, WA. USA).

La historia sobre la aplicación de ultrasonografía intraoperatoria para neurocirugía en El Salvador C.A. es relativamente reciente. Fue hasta el año 2007 en el cual el Hospital de Diagnóstico de El Salvador adquirió el sistema de ultrasonido Sonosite, Titan con un transductor específico para el uso en neurocirugía en quirófano, casi al mismo tiempo en dicho hospital se obtuvo el primer marco estereotáctico convencional, el cual permitió llevar a cabo resección de lesiones intraparenquimatosas guiadas por ultrasonografía intraoperatoria (USGIOP) únicamente o combinando ambas técnicas en craneotomías guiadas por estereotaxia. Con el advenimiento del primer sistema de CGI en el Hospital de Diagnóstico a mediados del 2008, prácticamente se abandonó el uso de estereotaxia convencional (con marco) para guiar craneotomías pero se continuó dependiendo de el USGIOP para asistir las cirugías que ocupaban navegación.

Durante el año 2009 se inició un estudio (que aún continúa abierto) sobre RM transoperatoria (RMTOP) para detectar remanentes tumorales, hasta el momento de este reporte, 7 casos habían sido enrolados de los cuales únicamente en un caso quedó remanente tumoral confirmado por RMTOP, información que se sabía de antemano ya que había sido detectado por medios del USGIOP también. La limitante más grande del USGIOP en este caso es la entrega de información en 2-D y la dificultad de obtener de manera práctica un estimado preciso en volumen del residuo tumoral lo cual la RMTOP lo hace de manera más ágil y exacta. Para el inicio del 2010 el USGIOP había sido utilizado en más de 85 casos en remoción de tumores, cavernomas, MAV, abscesos, en cirugía de la epilepsia para localización del ventrículo e hipocampo y evacuación de hematomas, solidificando de manera permanente su utilidad dentro del Programa de Neuro-oncología y la práctica de la neurocirugía general en el Hospital de Diagnóstico de El Salvador C.A.

La USGIOP ha demostrado su utilidad a nivel mundial, no solo en neuro-oncología sino también en otras patologías intracerebrales y medulares. Es un recurso útil, práctico, económico y ampliamente disponible, haciéndolo una herramienta ideal para programas emergentes de neurocirugía o programas bien establecidos que desean incrementar su capacidad de localización y resección de lesiones.

REFERENCIAS:

- 1) FRENCH, L. A., WILD, J. J., NEAL, D. The experimental application of ultrasonics to the localization of brain tumors. *J. Neurosurg.*, 1951, 8:198–203.
- 2) Leksell, L. Echo-encephalography. I. Detection of intracranial complications following head injury. *Acta. chit. scand.*, 1955, 110:301-315.
- 3) Kurze, T., Dyck, P., and Barrows, H. S. Neurosurgical evaluation of ultrasonic encephalograph. *Journal of Neuro-surgery*, 1965, 22:437-440.
- 4) Kenji Tanaka, M.D., Kazufumi Ito, M.D., and Toshio Wagai, M.D. The Localization of Brain Tumors by Ultrasonic Techniques A Clinical Review of 111 Cases 135 *Journal of Neurosurgery* Aug 1965; 23, 135-147.
- 5) Ter Braak, J. W. G., Grandia, W. A. M., and De Vlieger, M. 'Echo-encephalography' as an aid in the diagnosis of subdural and extradural hematomas: In: Recent neurological research. A. Biemond et al., Ed. Amsterdam: Elsevier Publishing Co. 1959, viii, 380 pp. 87-45
- 6) Walker AE, Euemasu S. Dural echoencephalography. *J Neurosurg.* 1966; 25:634-7.
- 7) Rubin JM, Mirfakhraee M, Duda EE, Dohrmann GJ, Brown F. Intraoperative ultrasound examination of the brain. *Radiology.* 1980; 137(3):831-2.
- 8) Masuzawa H, Kamitani H, Sato J, et al: Intraoperative application of sector scanning electronic ultrasound in neurosurgery. *Neurol Med Chir* 1981; 21:277–285,
- 9) Hammoud MA, Ligon BL, elSouki R, Shi WM, Schomer DF, Sawaya R: Use of intraoperative ultrasound for localizing tumors and determining the amount of resection: a comparative study with magnetic resonance imaging. *J Neurosurg* 1996; 84:737–741
- 10) Woydt M, Krone A, Becker G, Schmidt K, Roggendorf W, Roosen K: Correlation of intra-operative ultrasound with histopathologic findings after tumour resection in supratentorial gliomas: a method to improve gross total tumour resection. *Acta Neurochir (Wien)* 1996; 138:1391-1398
- 11) Hata N, Dohi T, Iseki H, Takakura K: Development of a frameless and armless stereotactic neuronavigation system with ultrasonographic registration. *Neurosurgery* 1997; 41:608–614,
- 12) Roth J, Biyani N, Beni-Adani L, Constantini S: Real-time neuronavigation with high-quality 3D ultrasound SonoWand in pediatric neurosurgery. *Pediatr Neurosurg* 2007; 43:185–191
- 13) Unsgaard G, Ommedal S, Muller T, Gronningsaeter A, Nagelhus Hernes TA: Neuronavigation by intraoperative three-dimensional ultrasound: Initial experience during brain tumor resection. *Neurosurgery* 2002; 50:804–812
- 14) Regelsberger J, Lohmann F, Helmke K, Westphal M: Ultrasound guided surgery of deep seated brain lesions. *Eur J Ultrasound* 2000; 12:115–121
- 15) Unsgaard G, Rygh OM, Selbekk T, Selbekk T, Brostrup Müller T, Unsgaard G: Intra-operative 3D ultrasound in neurosurgery. *Acta Neurochir (Wien)* 2006; 148:235–253
- 16) Unsgaard G, Selbekk T, Brostrup Muller T, Ommedal S, Torp SH, Myhr G, et al: Ability of navigated 3D ultrasound to delineate gliomas and metastases—comparison of image interpretations with histopathology. *Acta Neurochir (Wien)* 2005; 147:1259–1269
- 17) Jödicke A, Deinsberger W, Erbe H, Kriete A, Böker DK: Intraoperative three dimensional ultrasonography: an approach to register brain shift using multidimensional image processing. *Minim Invasive Neurosurg* 1998; 41:13–19
- 18) Lindner D, Trantakis C, Renner C, Arnold S, Schmitgen A, Schneider J, et al: Application of intraoperative 3D ultrasound during navigated tumor resection. *Minim Invasive Neurosurg* 2006; 49:197–202
- 19) Solheim, Ole MD; Selbekk, Tormod MSc; Løvstakken, Lasse MSc; Tangen, Geir A. MSc; Solberg, Ole V. MSc; Johansen, Tonni F. MSc; et al. Intracellar Ultrasound in Transsphenoidal Surgery: A Novel Technique. *Neurosurgery*; 2010; 66:173–186
- 20) Rubin JM, Quint DJ: Intraoperative US versus intraoperative MR imaging for guidance during intracranial neurosurgery. *Radiology* 2000; 215:917–918
- 21) Venelin M. G., Amir S., Arasch A., Lennart S., Madjid S., Rudolf F. Reliability of intraoperative high-resolution 2D ultrasound as an alternative to high-field strength MR imaging for tumor resection control: a prospective comparative study Clinical article 512 *Journal of Neurosurgery* 2009; 111:512-519
- 22) Lovo E., Villanueva P., Torrealba G., Campos M., Vargas R., Tagle P. Ultrasonido Intraoperatorio en Neurocirugía: Aspectos Técnicos. *Rev. Chil. Neurocirug.* 2006; 26:60-64.

PRINCIPIOS FISICOS DE LA ECOGRAFIA

Dra. Raquel Soto, Dr. Héctor Moreira y Dr. Eduardo Lovo.

El sonido se refleja igual que un espejo refleja la luz. El fundamento de la aplicación de los ultrasonidos en el diagnóstico médico consiste en la detección y la representación de la energía acústica reflejada (ecos) a partir de las distintas interfases de los tejidos corporales, generando imágenes bidimensionales de alta resolución, registradas en una computadora, en escala de grises o para representar parámetros de flujo. Las ondas de ultrasonido son originadas por los cristales piezoeléctricos ubicados en el transductor del equipo, se dirigen hacia los tejidos, que son las interfases con diferencias importantes en la impedancia acústica (determinada por la densidad del medio y la velocidad de propagación del sonido en dicho medio). Las interfases de los tejidos como el hueso, reflejan la totalidad de la energía acústica incidente y los tejidos como músculo y grasa reflejan parte de la energía que incide permitiendo la propagación del sonido. Estas interfases son “reflectores especulares” regresando ecos al transductor cuando el haz de sonido es perpendicular a la interfase. Los órganos sólidos y los tejidos son “reflectores difusos”. Así la ultrasonografía permite la evaluación del tamaño, forma, posición y textura de un órgano.

Para producir la imagen sonográfica se emplean ondas de sonido de alta frecuencia y baja intensidad producidas por la vibración de cristales de cuarzo o cerámica, llamados piezoeléctricos, los cuales son capaces de convertir los impulsos eléctricos en ondas de sonido, se ubican en el

transductor, que está en contacto con el paciente y él mismo funciona de emisor y receptor de ondas de sonido, al ser emitidas a una frecuencia de 20,000 ciclos/seg o Hertz (frecuencia por encima de lo audible por el ser humano). Estas ondas se dirigen a los tejidos de interés moviendo el transductor, cambiando el ángulo de incidencia del haz ultrasónico, se pueden seguir las características tisulares del órgano. Se determina la proporción de dicho haz a ser reflejado, produciendo ecos de diferentes intensidades, los cuales son recogidos por el mismo transductor, donde chocan con los cristales piezoeléctricos para ser convertidos en impulsos eléctricos. Estos a su vez son analizados por procesos computarizados mostrando imágenes en escala de gris formada a partir de puntos brillantes producidos por el haz de ultrasonido reflejado por cada tejido.

El poder de resolución del equipo depende de la frecuencia de las ondas de sonido. Frecuencias altas muestran imagen con mejor detalle, pero tienen poca penetración. Mientras frecuencias bajas proveen mayor penetración a expensas de la resolución. Los transductores más usados son de 3.5, 5 y 7.5 megahertz (Mhz) los cuales suelen ser lineales o sectoriales.

Los planos básicos de sección ultrasonográfica son transversal, sagital y coronal estos a su vez se subdividen en oblicuos. Para la interpretación de una imagen se usan los siguientes términos:

HIPERECOICO o HIPERECOGENICO: imágenes producidas por órganos que reflejan todo el haz de ultrasonido que incide sobre ellos (cálculos, grasa y tejidos muy densos), estos se observan “blancos” o brillantes en el monitor.

HIPOECOICO o HIPOECOGENICOS: son las imágenes originadas por tejidos blandos que por su textura reflejan parcialmente el haz de ultrasonido (tales como músculo), estos se observarán menos brillantes.

ANECOICO, SONOLUCIDO o NO ECOGENICO: imágenes producidas por estructuras que no reflejan sino que transmiten todas las ondas del ultrasonido que inciden sobre ellas (vejiga, vesícula, quistes) y se observarán negros en la pantalla.

ISOECOICO: imagen ecográfica normal propia del tejido.

Representación de la imagen.

El modo B, o imagen en tiempo real en escala de grises muestra las imágenes de mayor intensidad blancas, la ausencia de señal es negra y las señales intermedias se muestran en matices de grises.

Los transductores lineales, se usan para estudiar partes pequeñas, estructuras vasculares y en obstetricia.

Los transductores curvos o convexos se utilizan en estudios de abdomen, pelvis, obstétricos y cuando son pequeños y de alta frecuencia, en estudios transvaginales, transrectales, intraoperatorios como el de neurocirugía o pediatría.

Selección del transductor.

La frecuencia de ultrasonidos más alta 7.5 a 10 Mhz es utilizada para vasos superficiales, tiroides y mama los cuales están a 1 ó 3 cm. de la superficie. Menores frecuencias (2.25 a 3.5 mhz) son utilizadas para estructuras que ameritan mayor penetración o profundidad (a más de 12cm de la superficie), como los estudios del abdomen y pelvis.

La calidad de la imagen depende de factores como la resolución espacial, la resolución de contraste y la resolución temporal, así como la ausencia de artefactos.

En la ecografía, la calidad de la información que se obtiene está determinada por la capacidad del explorador para reconocer y eliminar artefactos y errores de interpretación. Los artefactos son de reverberación, de refracción, de lóbulos o haces laterales y de sombra acústica.

Aspectos técnicos de ultrasonografía intraoperatoria del sistema nervioso central (CNS).

La capacidad de ver ultrasonográficamente tumores dentro del parénquima cerebral se debe a su densidad tisular esto es conocido como "impedancia acústica"; mientras mayor sea la diferencia de densidad entre la lesión y el tejido normal, más fácil resulta identificar los límites tumorales. Este fenómeno explica el porqué los tumores infiltrativos de bajo grado, los cuales histológicamente son más parecidos al tejido cerebral normal resultan más difíciles de visualizar (ultrasonográficamente) sus bordes al compararlos contra los tumores infiltrativos de alto grado o metástasis, los cuales por histología varían grandemente del tejido cerebral normal.

Equipo y Transductor.

Los ultrasonidos diagnósticos utilizan ondas sonoras pulsátiles de alta frecuencia (>2Mhz) que son emitidas por un cristal piezoeléctrico, estas ondas rebotan en los tejidos y son recibidas nuevamente por la sonda emisora (transductor), esta información es procesada y expresada en forma de imágenes. La frecuencia del ultrasonido tiene una influencia directa en la calidad de las imágenes. En el caso de nuestro Centro utilizamos el ultrasonido TITAN™ de la empresa Sonosite Inc. Bothell, WA. USA, con el modelo de transductor C11/8-5: Broadband Curved Array, el número previo a la pleca especifica el tamaño de la punta del transductor, 11mm, el número que procede a la pleca 8-5 corresponde a los rangos de Mhz que utiliza según la profundidad que se desea visualizar, en general para neurocirugía 7.5 Mhz en promedio proporcionan una visualización adecuada. El Array se refiere a la dispersión de las ondas en el espacio: hay dispersión lineal (linear array), el cual uno podría imaginarse como emisiones sonoras de forma rectangular desde el transductor hacia el tejido y existe dispersión curva (curved array) el cual puede ser figurado como un abanico el cual va de un espacio menor a uno mayor en sentido divergente.

La punta del transductor que nosotros empleamos es pequeña (11mm) y fácilmente entra en las craneotomías o cavidades de resección. Se escogió este modelo ultrasonográfico por ser compacto y fácil de transportar (Ver figura 1), estos factores son sumamente útiles en un quirófano en donde adicional al ultrasonido en general tenemos un equipo de Cirugía Guiada por Imágenes (CGI), microscopio quirúrgico, aspirador ultrasónico, máquina anestésica entre otros aparatos.



imagen 1

Imagen que muestra lo compacto del modelo que utilizamos en nuestro centro y su "estación" con rodos que facilita el transporte en quirófano.

Cortes del transductor.

El transductor ultrasonográfico suele tener un referencial que es palpable con el dedo índice,

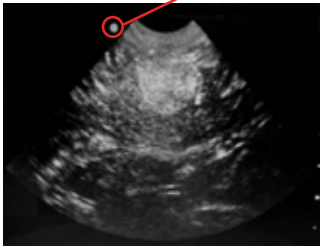
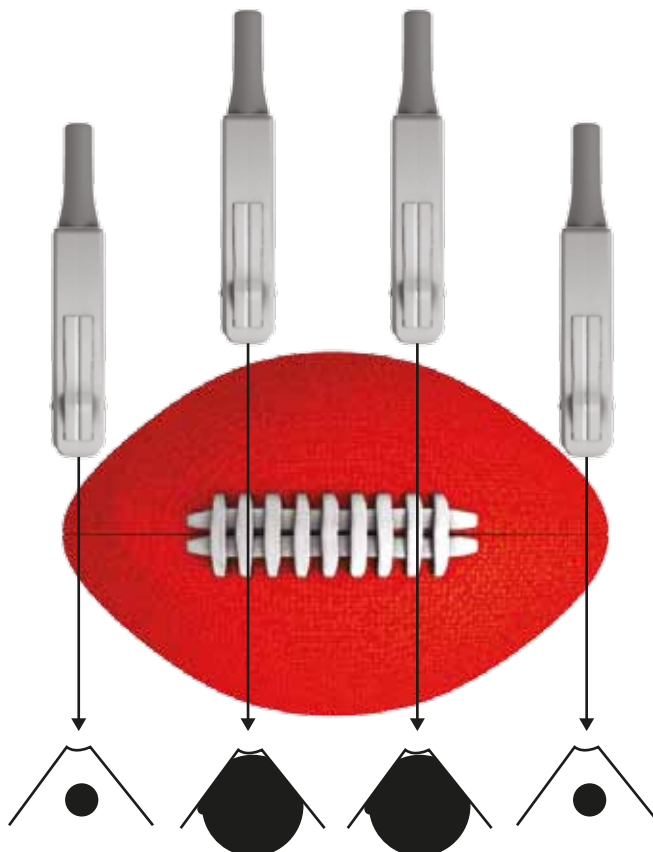


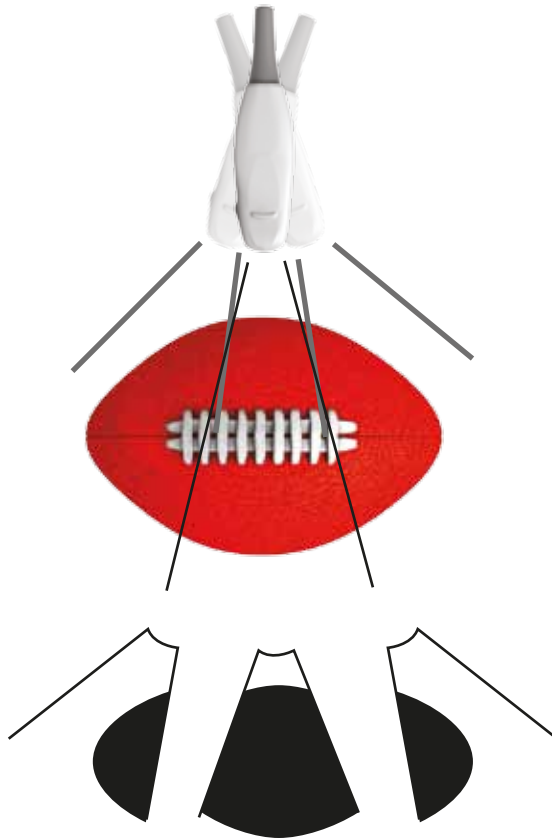
imagen 2

este referencia nos indica el sentido de los haces sónicos (ver imágenes 3). En el caso de los transductores curvos el operador se puede imaginar un abanico que corta las estructuras y entrega las imágenes según el haz del corte.



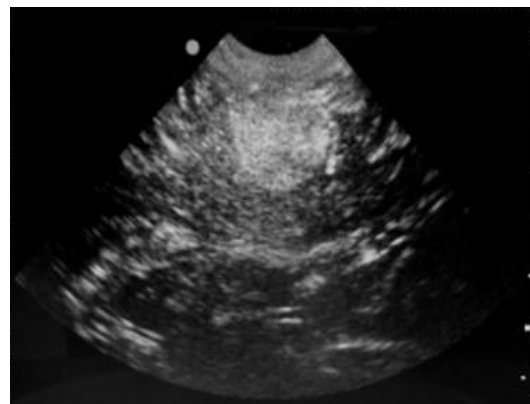
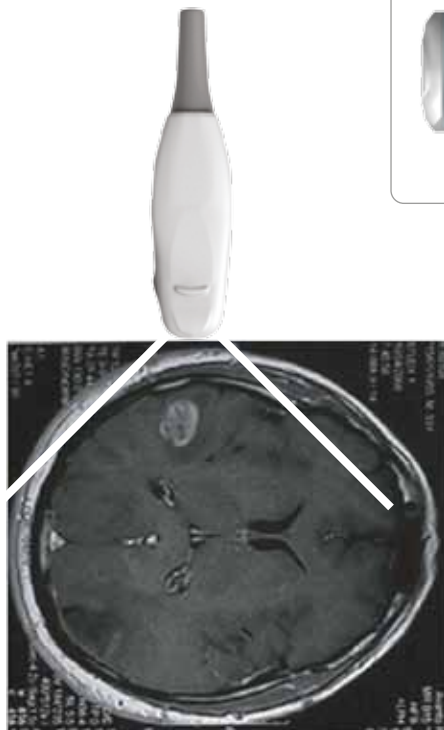
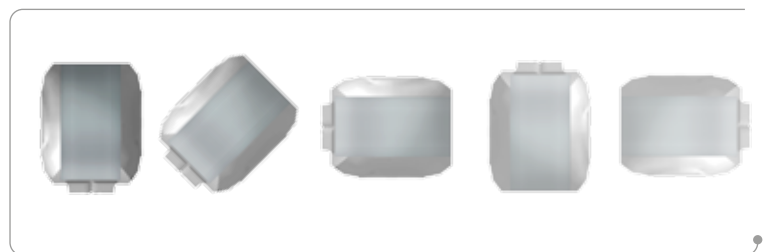
imágenes 3





La pantalla suele desplegar un pequeño círculo (ver imagen 2) o indicador sobre si el haz sónico esta en sentido anterior o posterior en relación al referencial, dentro de los diales del tablero del ultrasonido existe la capacidad de cambiarlo de sentido anterior a posterior y viceversa. Es importante encontrar la orientación de este plano inmediatamente al comenzar el estudio; esto se logra encontrando las estructuras anatómicas más reconocibles primero, las estructuras de la línea media dentro del cerebro, el ventrículo y plexo coroideo son estructuras fácilmente identificables que dan orientación sobre el plano que está siendo visualizado. Al manipular el transductor, cortes sectoriales en cualquier sentido son posibles, en neurocirugía se suele ocupar los tres cortes: sagital, coronal y axial. Angulaciones del transductor sobre el mismo punto dan diferentes vistas (ver imágenes 4)

 giro sobre su eje



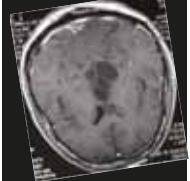
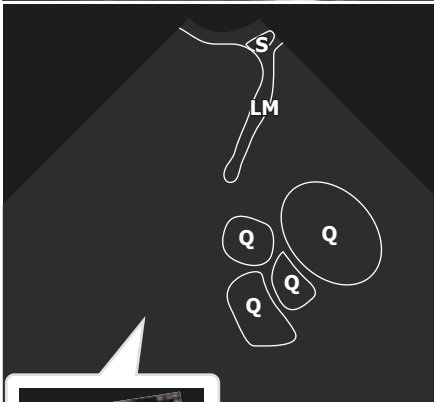
Uno puede imaginar esto como el mismo movimiento de la cabeza humana al hiperextender el cuello (inclinarse hacia arriba) ve a lo alto o por encima, a lo inverso si uno flexa el cuello (inclinarse hacia abajo) ve los segmentos más inferiores (ver imágenes 5).

imágenes 5

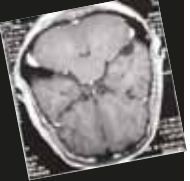
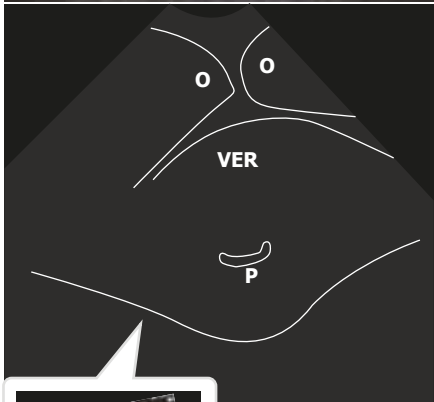
Arriba



Centro

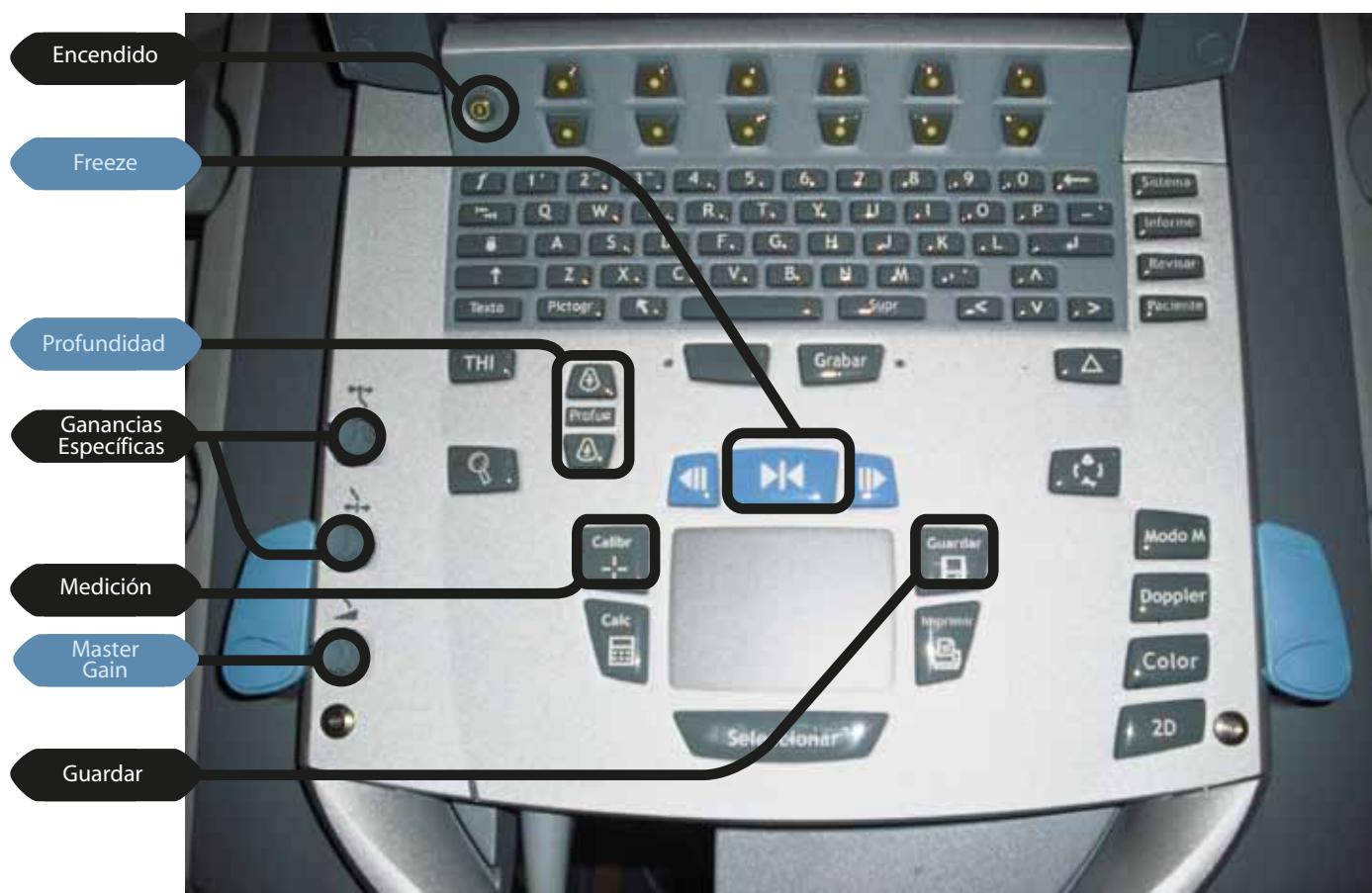


Abajo



Diales.

Los diales y botones que son necesarios para el neurocirujano son 3: Master Gain (Ganancia) en general todos los aparatos de ultrasonido tienen controles específicos de las Ganancias en base a la profundidad de la imagen y un Master Gain que controla de manera genérica todas las Ganancias independientemente de su profundidad. El Master Gain hace la imagen más brillante o más oscura. El segundo botón/es es el de la profundidad, en general a mayor cantidad de Mhz la visualización es más superficial con mejor definición y a menor cantidad de Mhz la visualización es más profunda pero con menor definición, por ende el botón de profundidad hace que la imagen se vea más grande (cercana) o más pequeña (lejana) en base a la profundidad que se esté estudiando. El botón de "freeze" (Congelar la imagen) es útil ya que el neurocirujano que está haciendo el estudio puede tomar medidas de distancia entre su ubicación con el transductor y la lesión, diámetros, grosor de la lesión residual, etc. Adicionalmente sirve para guardar las imágenes y poderlas revisar más adelante. La explicación de estos tres botones constituye una sobre simplificación y con certeza una subutilización del aparato ultrasonográfico, pero en la práctica son los únicos que nosotros utilizamos durante la cirugía. Algunos modelos vienen equipados con doppler color para la visualización de estructuras vasculares, lo cual potencialmente es útil en cirugía de aneurismas para



verificar la permeabilidad del vaso sanguíneo posterior al clipaje (ref) o malformaciones arteriovenosas. En nuestra experiencia lo hemos ocupado en dos ocasiones para malformaciones arteriovenosas, sin embargo nuestra poca experiencia en la interpretación de la información doppler color no hizo el estudio particularmente útil y preferimos basarnos en la información del navegador y anatomía microquirúrgica.

Preparación y realización de un estudio en quirófano.

Al inicio de la cirugía el personal instrumentista se encarga de “vestir” de manera estéril el transductor; esto lo hacen introduciéndolo en una manga regular de laparoscopia y utilizando el dedo gordo de un guante No. 8 con gel sono-conductor estéril, se ajusta el dedo de guante (látex) de tal manera que quede perfectamente ajustado alrededor de la punta, el cirujano debe de verificar que no existan burbujas entre la punta y el látex del guante, de igual manera debe de revisar que no haya una capa importante de gel entre la punta y el látex, ya que ambos pueden afectar la visión ultrasonográfica (suele verse la pantalla más oscura lo cual no mejora al aumentar la ganancia). Los dedos adicionales del guante son plegados hacia atrás sobre la manga de laparoscopia y se aseguran con una cinta. Solemos dejar el transductor estéril dentro de un recipiente metálico igualmente estéril para que esté listo para su utilización (ver secuencias de imágenes).



El estudio se realiza en tres etapas de la cirugía: La primera etapa es al realizar la craneotomía/laminotomía, sobre la duramadre mientras se irriga con abundante suero fisiológico (SF) para lograr una mejor interfaz (ver imagen). En esta fase el estudio principalmente sirve para ver la relación entre la craneotomía y la lesión, puede ser útil también para confirmar la exactitud del sistema de navegación identificando los bordes de la lesión. La siguiente etapa es sobre el tejido neural, después de haber abierto la duramadre, nuevamente irrigando con SF, en esta fase del estudio en adición a saber la cercanía de la lesión a la corteza y los bordes de la lesión, nos es útil para identificar surcos específicos que conducen a la lesión favoreciendo el acceso trans-surcal para la remoción de lesiones. Finalmente durante la resección de la lesión llenando la cavidad con SF, acá podemos revisar según sea necesario durante la progresión de la cirugía. En la mayoría de lesiones infiltrativas de alto grado preferimos bordearla en los planos naturales que poseen e intentar la remoción en bloque más que la descompresión interna (debulking), este plano gliótico que se puede seguir en la mayoría de los gliomas de alto grado en nuestra experiencia es menos definido hacia la profundidad de la lesión y acá es donde el ultrasonido es particularmente útil ya que nos permite saber la cantidad de residuo tumoral que queda. Al cerrar la duramadre queda la opción de volver a realizar el estudio ultrasonográfico para saber si se formó un hematoma dentro de la cavidad de resección.

Con lo que respecta a la posición del paciente y planificación de la craneotomía, no ha sido necesario en ningún paciente modificar la posición o técnica quirúrgica para realizar ultrasonografía intraoperatoria. Es importante mencionar que en casos de fosa posterior nuestro grupo realiza abordajes con el paciente en decúbito ventral o "Parkbench" y/o sus modificaciones por lo cual el sitio de la craneotomía continua siendo el área más elevada del paciente. Si se desea operar con el paciente sentado y la visualización no es adecuada al aplicar el transductor de manera directa, alternativas para mejorar la interfaz entre el transductor y el tejido pueden ser guantes de látex con suero en su interior y el transductor aplicado sobre el guante utilizándolo como una "ventana acústica" similar a una vejiga llena para la visualización de la próstata por vía abdominal.

Iniciando un programa de ultrasonografía intraoperatoria.

Los programas emergentes que no poseen recursos suficientes para la compra de un equipo dedicado a neurocirugía o desean incrementar su experiencia antes de adquirir un equipo propio, pueden encontrar equipos en el servicio de pediatría de su centro hospitalario ya que los transductores para eco-cardiogramas y ultrasonidos abdominales en neonatos suelen utilizar ondas en Mhz que oscilan en rangos adecuados (7.5Mhz) para neurocirugía. El estudio de ultrasonografía intraoperatoria es "operador dependiente", generalmente esto quiere decir que existe variabilidad en su aprovechamiento según la experiencia del examinador, la curva de aprendizaje suele ser lenta. La única manera de acumular experiencia es haciendo los estudios, por lo cual se recomienda tomarse el tiempo de hacer estudios en la mayoría de oportunidades (craneotomías o laminotomías) que se pueda, aunque la información brindada (ejemplo: anatomía) no sea útil en ese caso en particular, si será útil para el equipo quirúrgico en cuanto a experiencia se refiere.

La recomendación es que el neurocirujano se familiarice desde el primer día con el equipo de ultrasonografía y su uso, algunos programas han incorporado a un radiólogo para que él realice los estudios en quirófano. En nuestro centro es el neurocirujano el cual realiza la ultrasonografía intraoperatoria principalmente porque es este último el que posee el esquema mental sobre la anatomía quirúrgica tridimensional de la lesión y estructuras vecinas, él/ella es el que debe incorporar y correlacionar la información ultrasonográfica sobre residuos tumorales y su cercanías de estructuras no tumorales y será el responsable de tomar la decisión en base a esta información, características del tejido y su propia experiencia de seguir adelante con la resección o no. Finalmente preferimos que el neurocirujano se familiarice con el manejo de esta herramienta ya que la disponibilidad de un/a radiólogo en quirófano no es siempre posible, menos en horarios no hábiles de trabajo cuando suelen acontecer las emergencias (hematomas intracerebrales) en donde el ultrasonido también es potencialmente útil.

CASOS

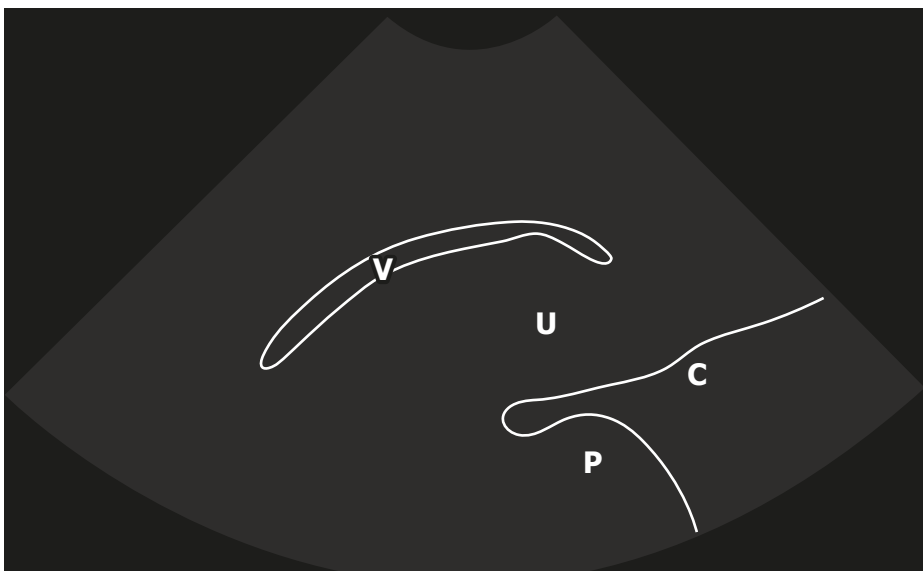
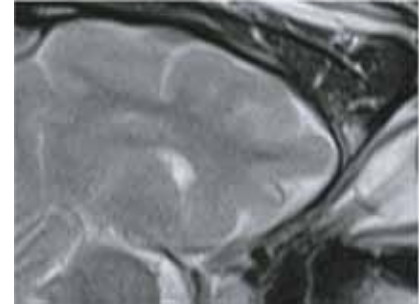
- ▶ **REGION TEMPORAL**
- ▶ **TUMORES DE ALTO GRADO Y OTRAS LESIONES MALIGNAS**
- ▶ **TUMORES DE BAJO GRADO Y OTRAS LESIONES BENIGNAS**
- ▶ **FOSA POSTERIOR**
- ▶ **HEMATOMA**
- ▶ **OTRAS AREAS**

REGION TEMPORAL

- ▶ **LOBULO TEMPORAL**
- ▶ **LOBULO TEMPORAL,**
DISPLACIA CORTICAL
- ▶ **LOBULO TEMPORAL**
GLIOBLASTOMA MULTIFORME
- ▶ **LOBULO TEMPORAL,**
HEMATOMA PRODUCIDO POR CAVERNOMA

LOBULO TEMPORAL

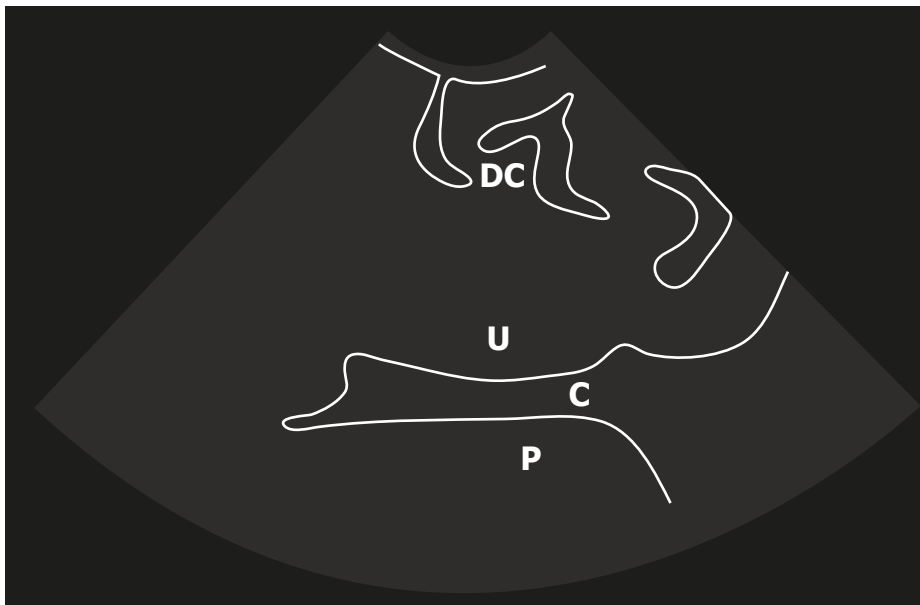
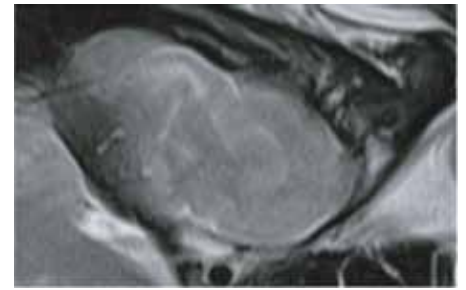
Imagen de ultrasonografía intraoperatoria con correlación de RM en un caso de cirugía de la epilepsia. El ultrasonido en este caso fue particularmente útil para poder ubicar el asta temporal del ventrículo, reparo anatómico fundamental para localizar las regiones más mesiales del lóbulo temporal.



V Ventrículo, **U** Uncus, **P** Pedúnculo, **C** Cisterna

LOBULO TEMPORAL, DISPLASIA CORTICAL

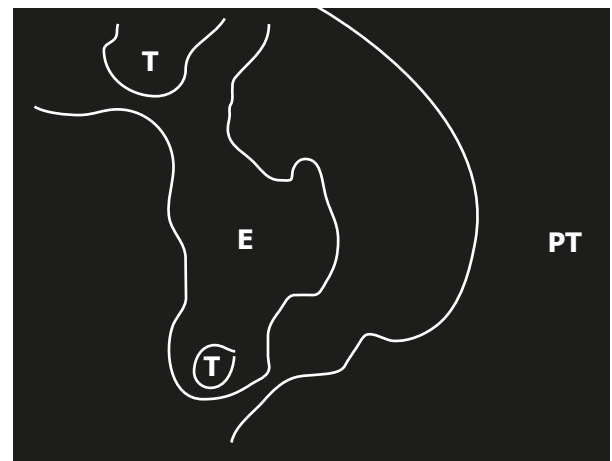
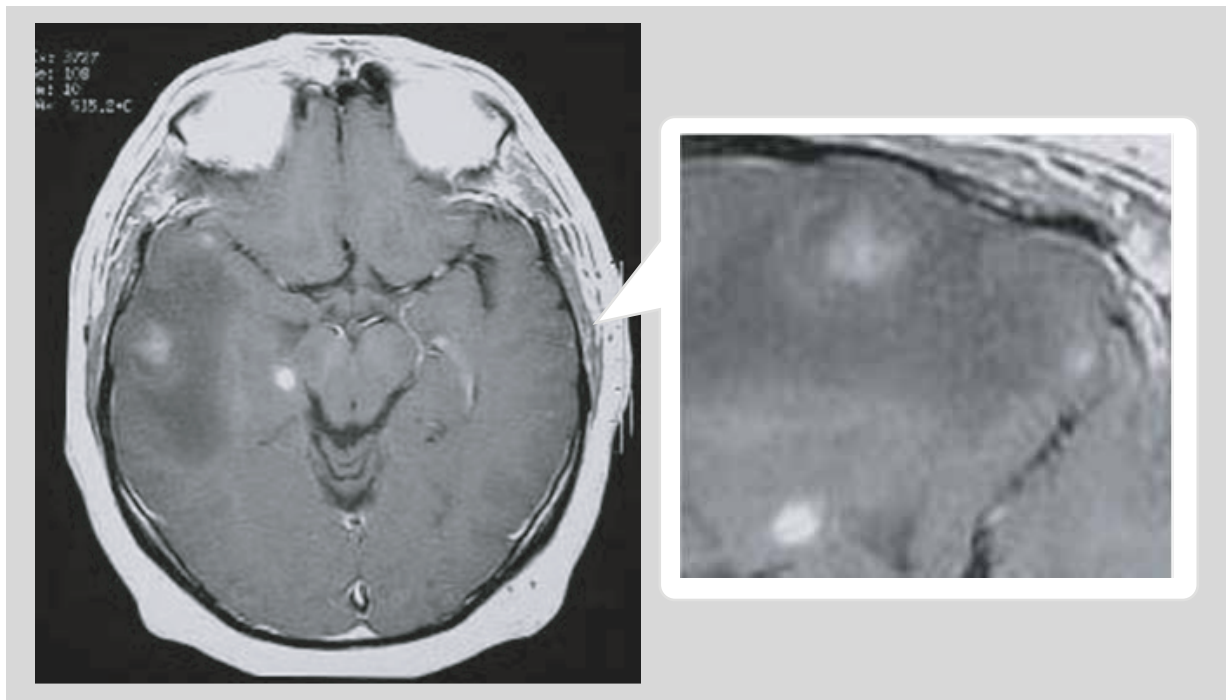
Imagen de ultrasonografía intraoperatoria con correlación de RM en un caso de cirugía de la epilepsia. De notar es que el ultrasonido intraoperatorio logra evidenciar con claridad la displasia cortical.



DC Displasia Cortical, **U** Uncus, **P** Pedúnculo, **C** Cisterna

LOBULO TEMPORAL, GLIOBLASTOMA MULTIFORME

Imagen de RM axial con gadolinio y acercamiento y angulación sobre la zona de interés con intención de hacer coincidir la imagen con la de ultrasonografía intraoperatoria. Abajo; Ultrasonografía intraoperatoria el cual permite distinguir lesiones pequeñas inferiores a 1 cm (lesión más mesial).



T Tumor, E Edema, PT Polo Temporal

LOBULO TEMPORAL, HEMATOMA PRODUCIDO POR CAVERNOMA

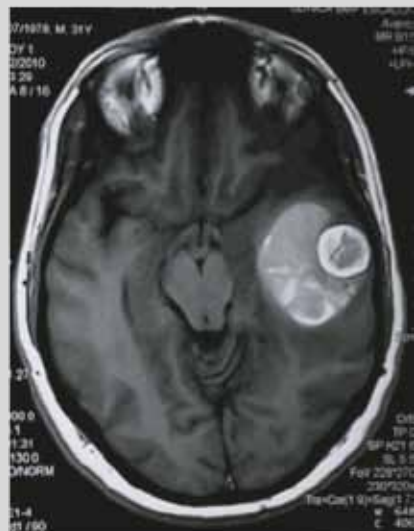
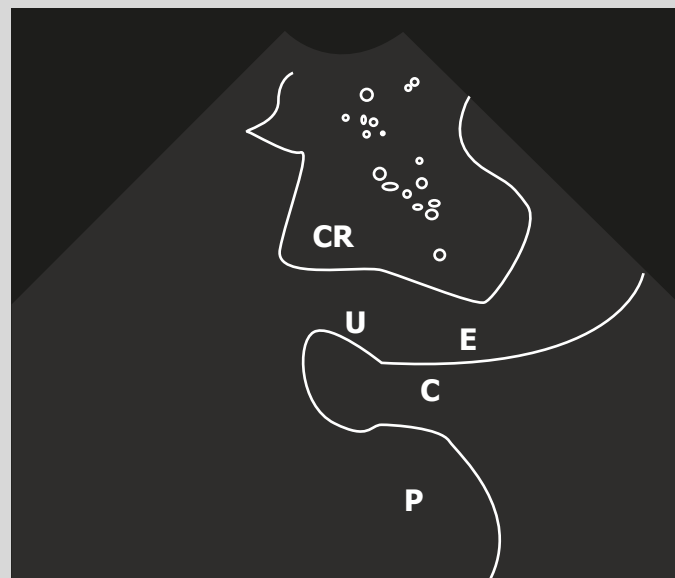
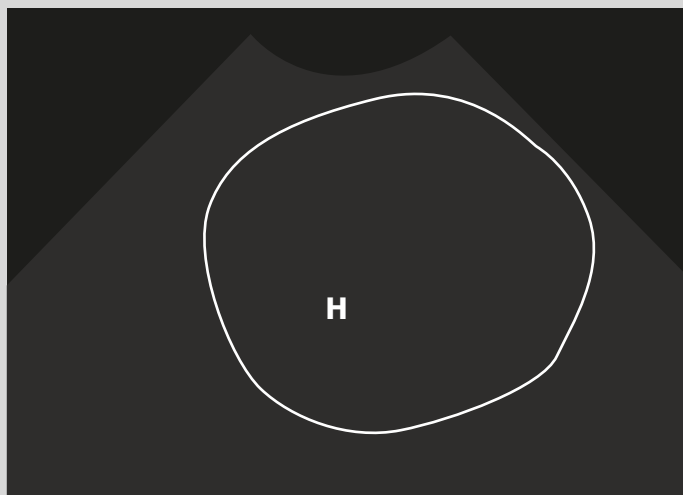


Imagen de RM axial la cual muestra la presencia de un hematoma extenso a nivel temporal izquierdo. Abajo; ultrasonografía intraoperatoria, de notar en la primera imagen ultrasonográfica es el efecto de masa importante que ocasiona el hematoma y no permite la visualización de las estructuras mesencefálicas a esa profundidad. La segunda imagen ultrasonográfica muestra la cavidad de resección y la visualización de las cisternas pontinas y estructuras mesencefálicas.

H Hematoma, **CR** Cavidad de Resección, **U** Uncus, **E** Edema, **P** Pedúnculo



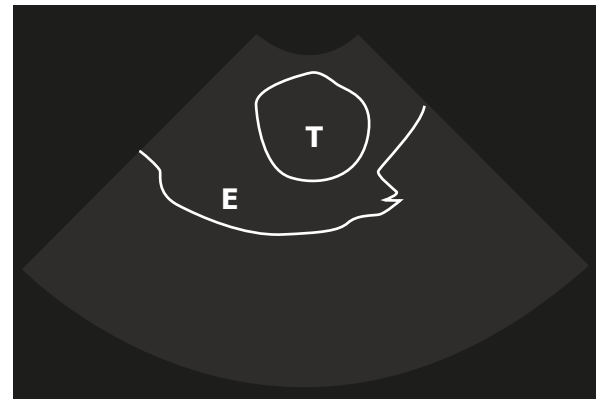
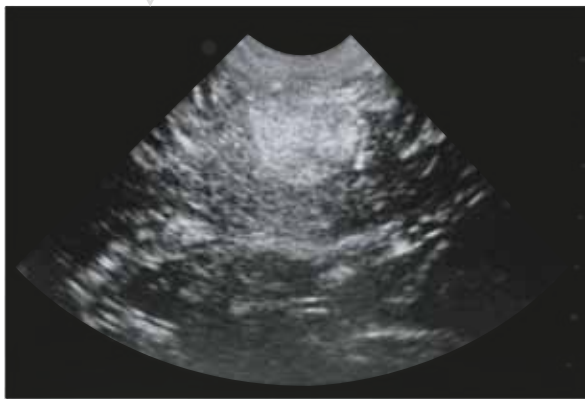
TUMORES DE ALTO GRADO Y OTRAS LESIONES MALIGNAS

- ▶ **GLIOBLASTOMA**
TEMPORAL DERECHO
- ▶ **GLIOBLASTOMA**
FRONTAL DERECHO
- ▶ **GLIOBLASTOMA,**
PARIETOOCIPITAL, IZQUIERDO
- ▶ **GLIOBLASTOMA**
MULTIFORME, FRONTAL, IZQUIERDO
- ▶ **GLIOBLASTOMA**
MULTIFORME, REGION TEMPORAL POSTERIOR, IZQUIERDO
- ▶ **LINFOMA PRIMARIO** DEL
SISTEMA NERVIOSO CENTRAL, AREA
MOTORA SUPLEMENTARIA
- ▶ **METASTASIS QUISTICA,**
FRONTOPARIETAL, IZQUIERDA
- ▶ **NEUROESTESIOBLASTOMA**
CON PENETRACION INTRACEREBRAL
- ▶ **EPENDIMOMA**
ANAPLASICO FRONTAL IZQUIERDO

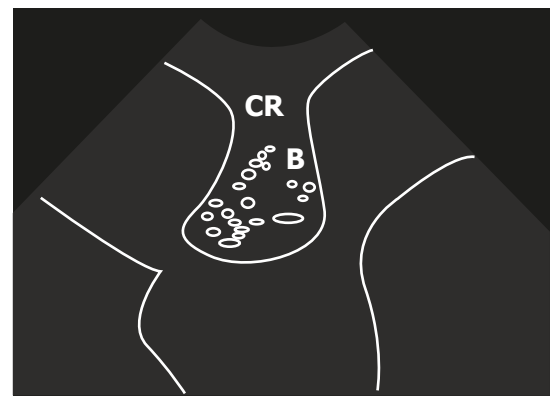
GLIOBLASTOMA TEMPORAL DERECHO



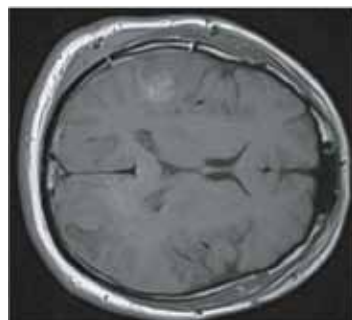
RM axial con gadolinio la cual ha sido angulada en base al ultrasonido. Ultrasonido intraoperatorio que muestra la demarcación precisa de la lesión (señal más hiperecogénica) y el edema peritumoral. Las imágenes inferiores; ultrasonido muestra la cavidad de resección con y el edema perilesional aún presente. RM axial con gadolinio, control postoperatorio que muestran resección completa de la lesión..



T Tumor, **E** Edema



E Edema, **CR** Cavidad de Resección, **B** Burbujas,

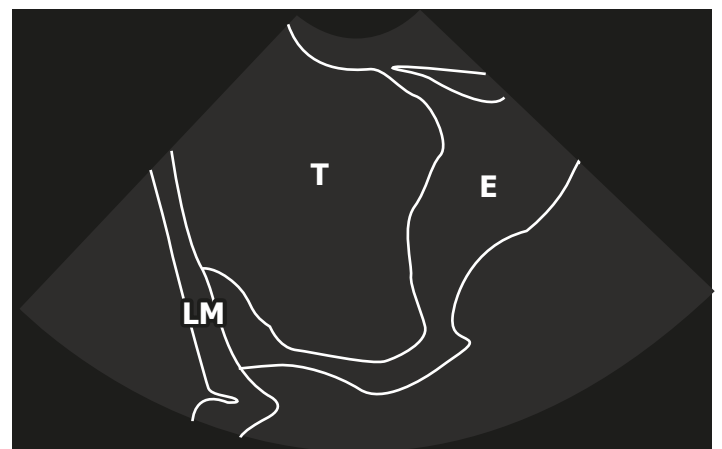
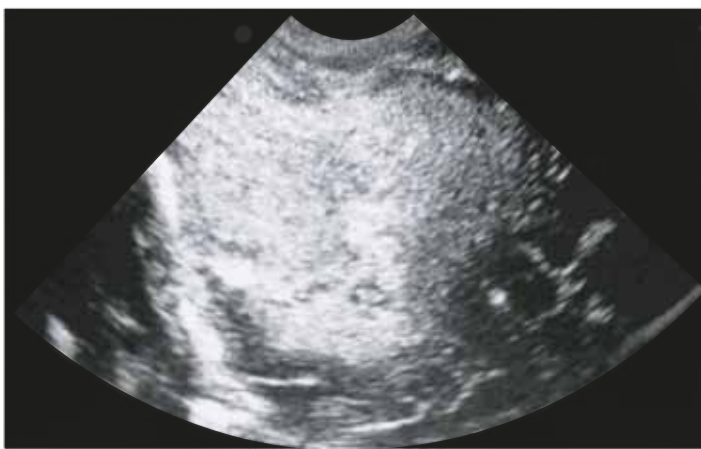
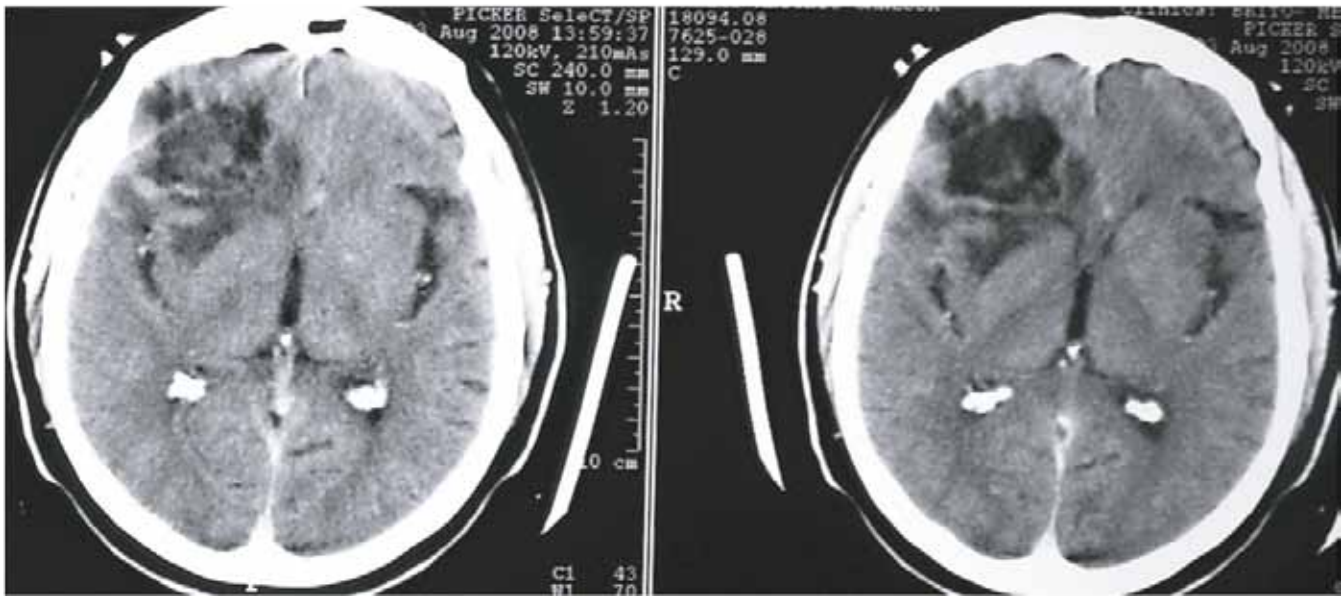


RM control

GLIOBLASTOMA

FRONTAL DERECHO

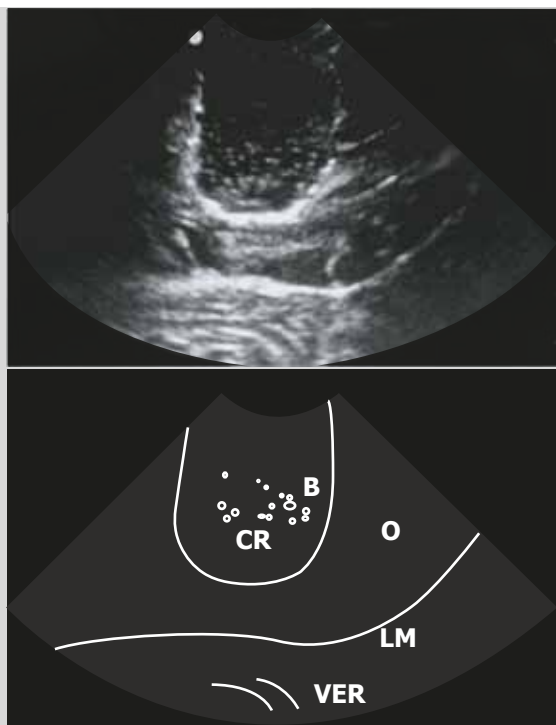
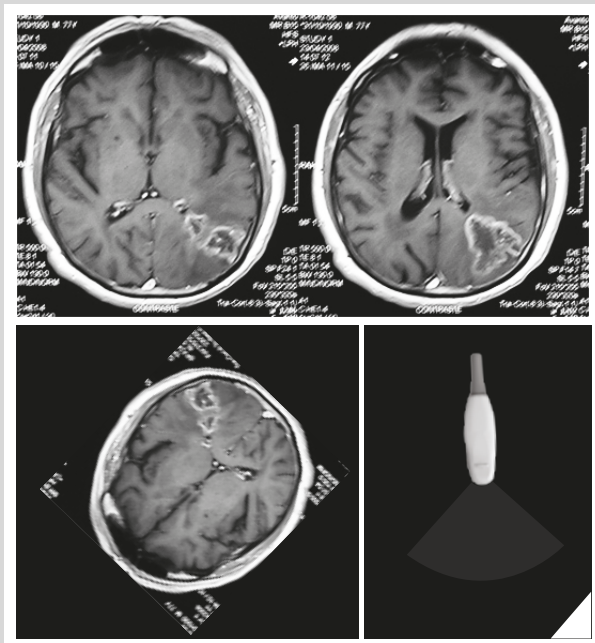
Tomografía axial con contraste que muestra la lesión infiltrativa ocupando el lóbulo frontal derecho, imágenes inferiores ultrasonido intraoperatorio del tumor el cual muestra la delimitación entre la lesión y el edema.



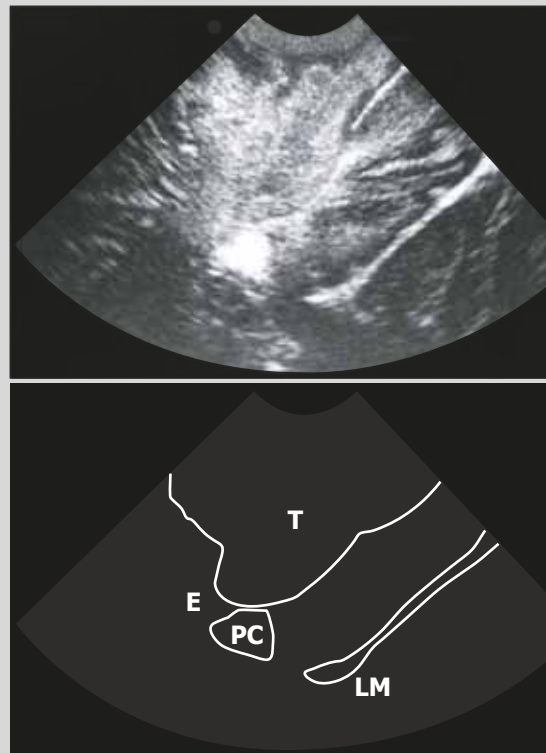
T Tumor, **E** Edema, **LM** Línea Media

GLIOBLASTOMA, PARIETOOCCIPITAL, IZQUIERDO

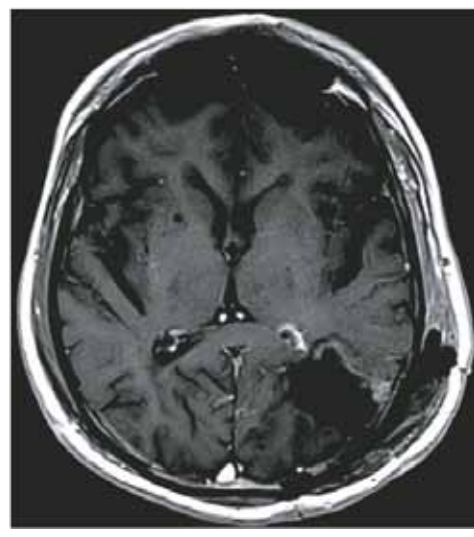
RM axial con gadolinio que muestran la lesión, junto con la reorientación del la RM para que coincida con la imagen ultrasonográfica.
Imagen ultrasonográfica previa a la resección y posterior a la remoción de la lesión mostrando la cavidad de resección.



LM Línea Media, **CR** Cavidad de Resección, **B** Burbujas, **O** Occipital, **VER** Vermis



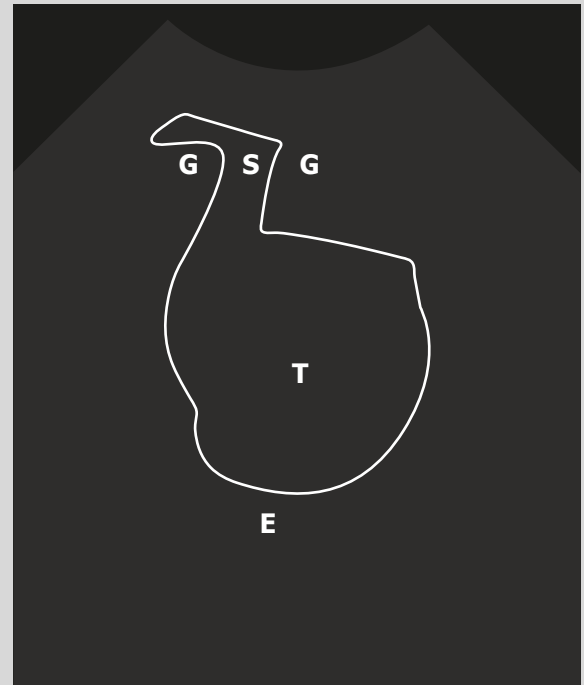
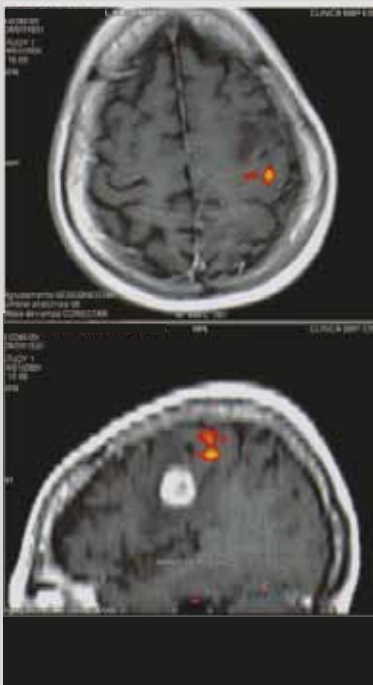
T Tumor, **E** Edema, **PC** Plexo Coroideo, **LM** Línea Media



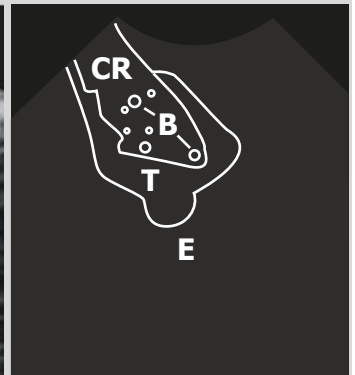
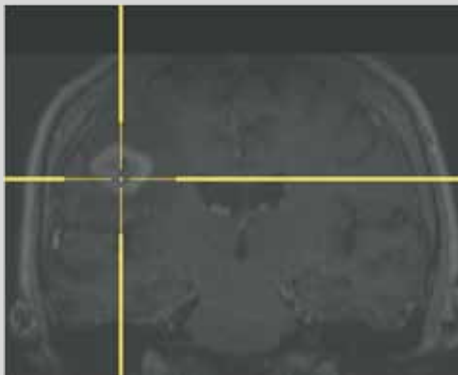
RM control

GLIOBLASTOMA MULTIFORME, FRONTAL, IZQUIERDO

Imágenes de RM funcional que muestran la lesión y su relación con la banda motora. Vista ultrasonográfica intraoperatoria en donde se delimita la lesión, el surco a seguir hasta ella y el edema perilesional asociado. Fotografía intraoperatoria del cerebro que muestra el surco de interés. Imagen de neuronavegación que muestra la herramienta dentro de la lesión y la imagen ultrasonográfica transoperatoria de la progresión en tiempo real de la remoción de la lesión.



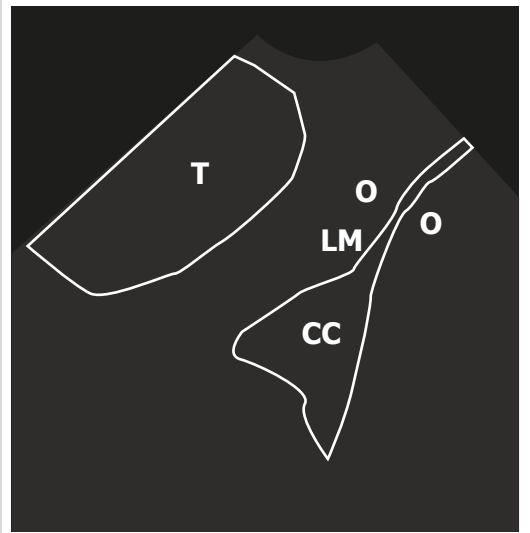
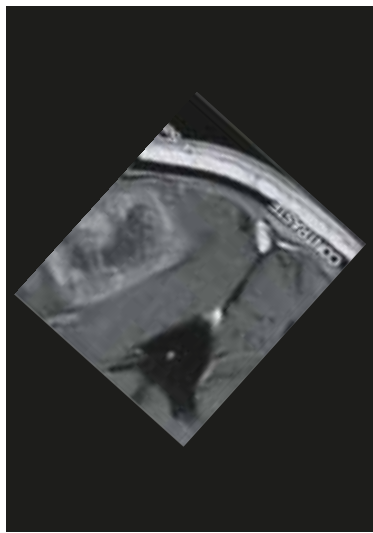
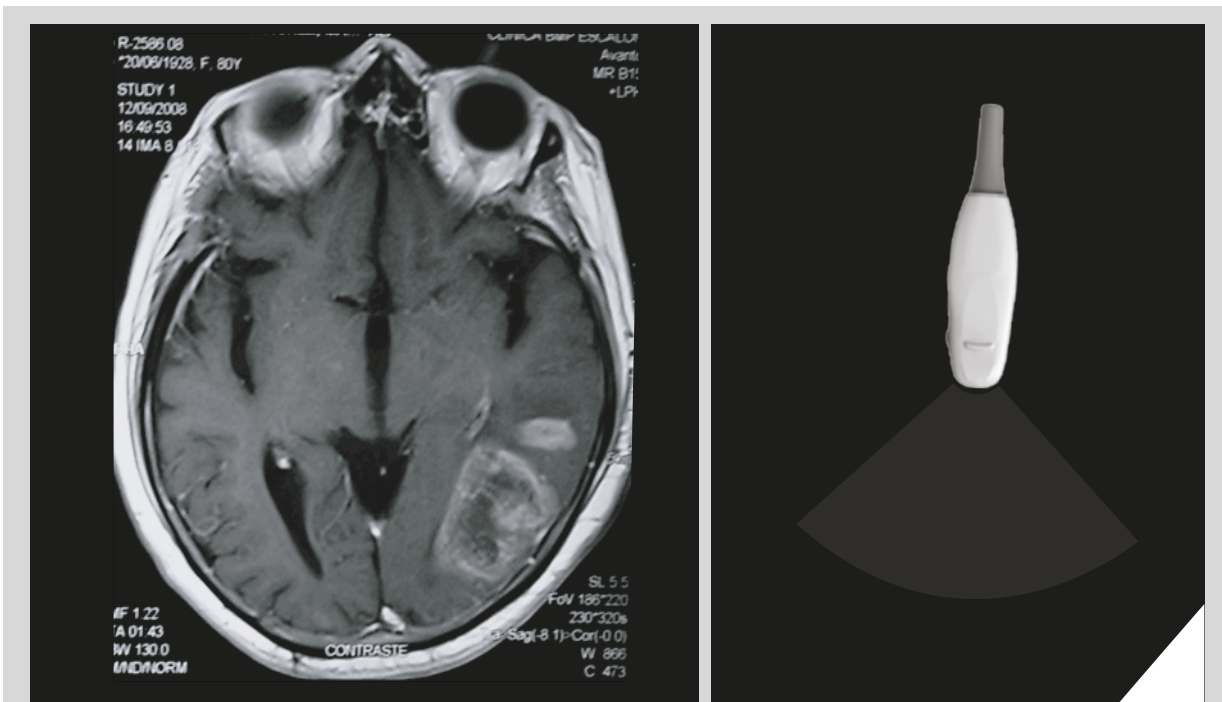
S Surcos, **G** Giros, **T** Tumor, **E** Edema,



T Tumor, **E** Edema, **CR** Cavity of Resection, **B** Burbujas

GLIOBLASTOMA MULTIFORME, REGION TEMPORAL POSTERIOR, IZQUIERDO

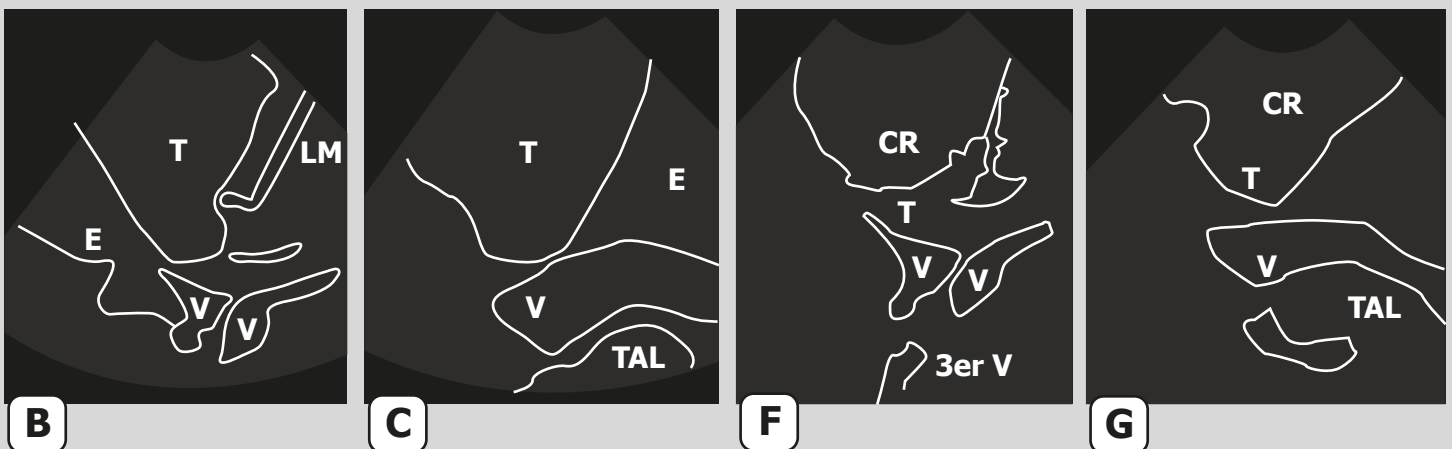
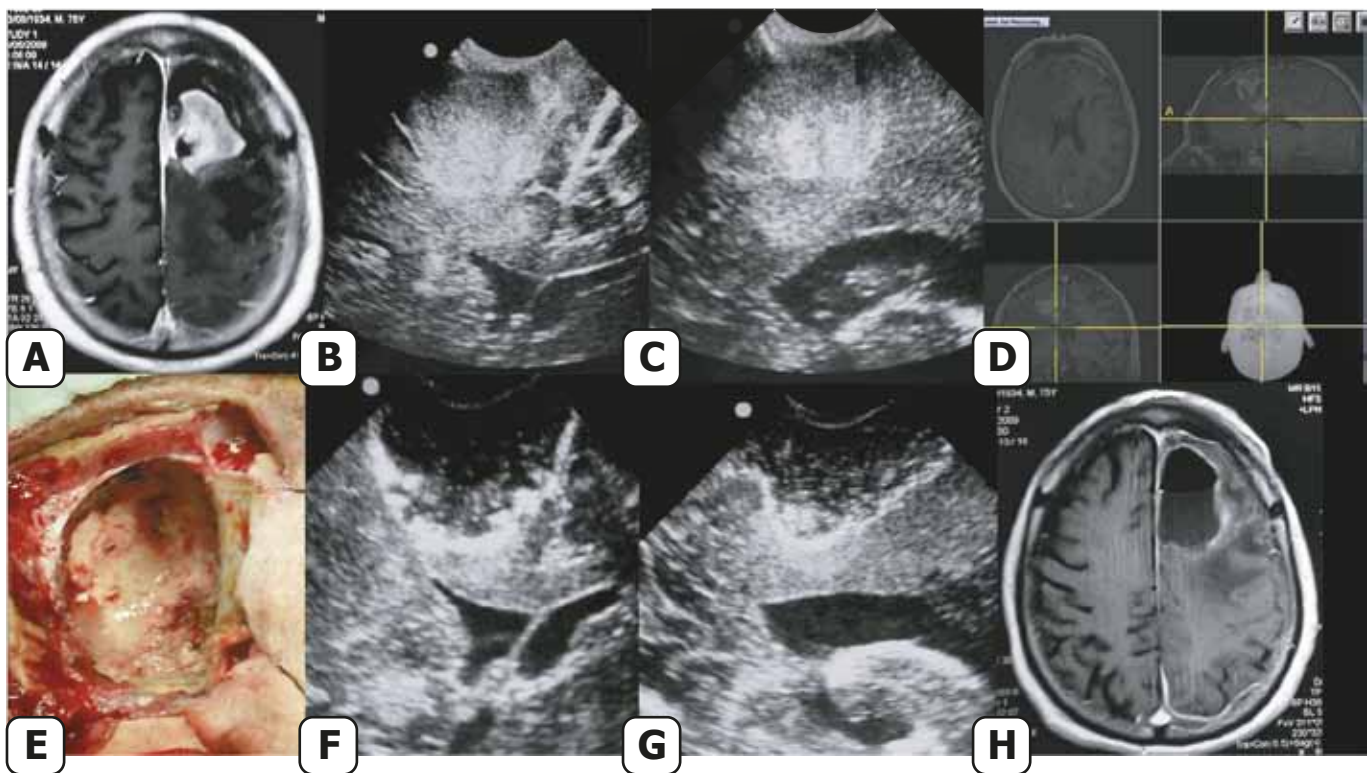
RM axial con gadolinio que muestra la lesión infiltrativa, al lado esquematización de la orientación del ultrasonido sobre la lesión. Abajo; acercamiento de la RM en relación a la imagen intraoperatoria ultrasonográfica de la lesión.



T Tumor, CC Cisterna Cuadrigeminal, LM Línea Media

LINFOMA PRIMARIO DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL, AREA MOTORA SUPLEMENTARIA

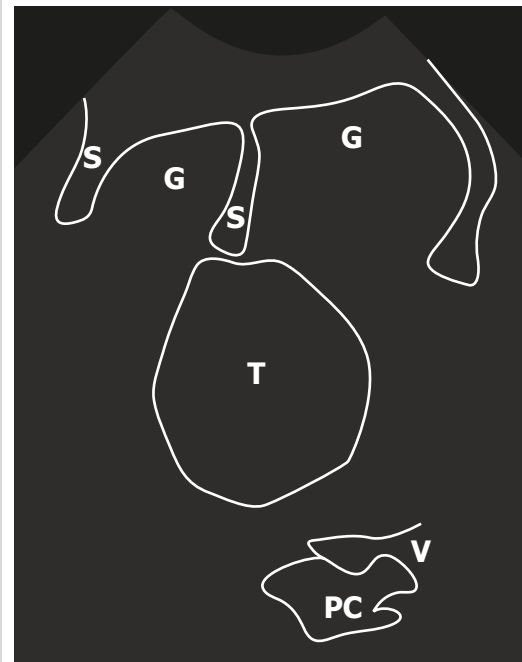
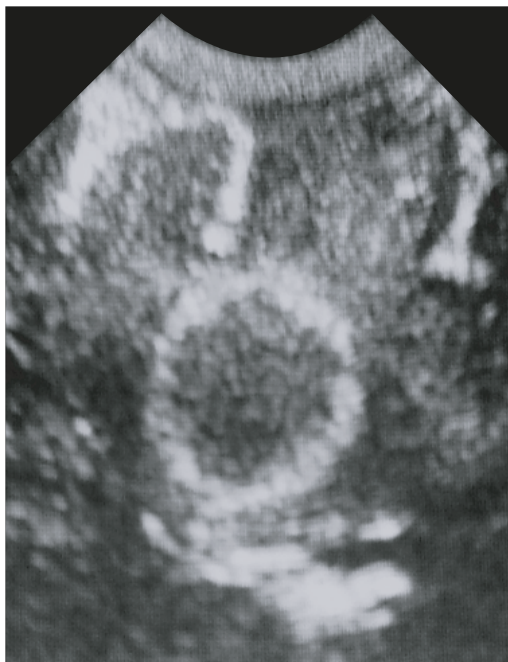
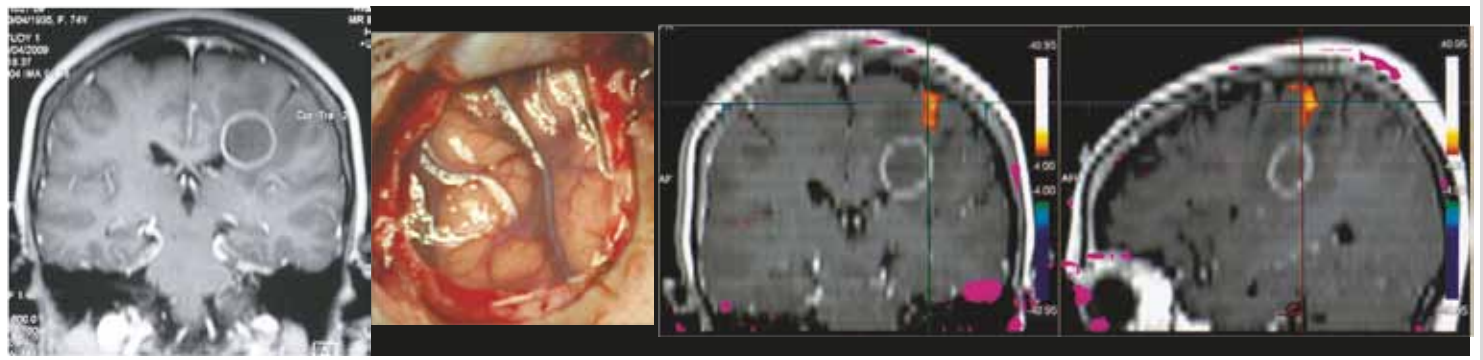
La primera imagen muestra la RM axial con gadolínico, con la presencia de la lesión. Imágenes ultrasonográficas subsiguientes muestran corte coronal y sagital de la lesión y el efecto de masa que ocasiona sobre el ventrículo izquierdo. Imagen de neuronavegación al final del procedimiento mostrando la orientación del instrumento de rastreo en la parte más basal de la lesión. Las imágenes inferiores muestran la cavidad de resección al final del procedimiento, imágenes ultrasonográficas intraop (coronal y sagital) que muestran la cavidad de resección, al final de la cavidad todavía persiste un remanente tumoral hacia el cuerpo calloso (el cual fue eliminado). Imagen de RM axial postoperatoria.



T Tumor, E Edema, V Ventrículo, TAL Tálamo, LM Línea Media, CR Cavidad de Resección, 3er Ventrículo

METASTASIS QUISTICA, FRONTOPARIETAL, IZQUIERDA

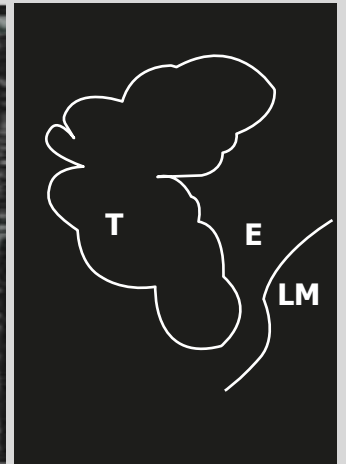
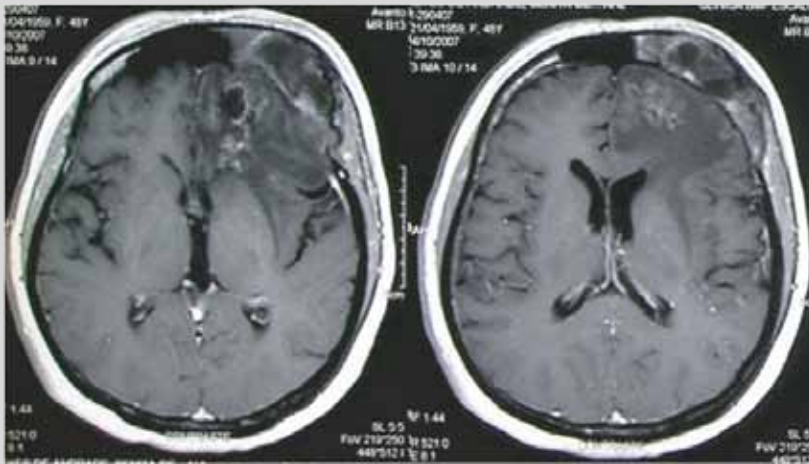
RM coronal que muestra metástasis quística con efecto de masa sobre el ventrículo, fotografía intraoperatoria que muestra el giro correspondiente a la banda motora según imágenes de RM funcional en coronal y sagital. Las imágenes inferiores muestran la imagen ultrasonográfica intraoperatoria de la lesión quística, el surco que lleva hacia ella y la cercanía con el ventrículo y plexo coroideo.



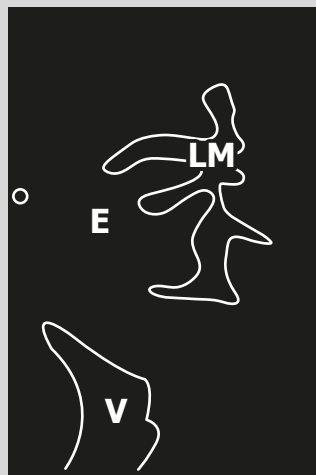
S Surcos, **G** Giros, **T** Tumor, **V** Ventrículo, **PC** Plexo Coroideo

NEUROESTESIOBLASTOMA CON PENETRACION INTRACEREBRAL

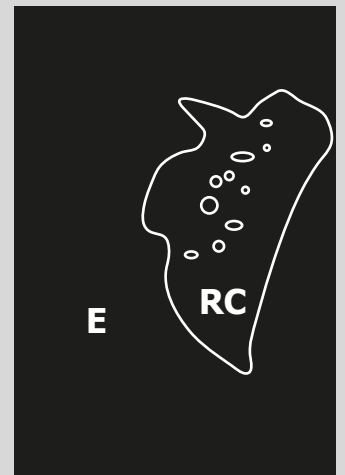
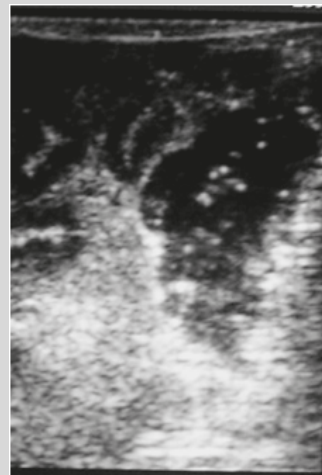
RM axiales muestran infiltración cerebral de tumor. Ultrasonido muestra la imagen multi-quística irregular del tumor intraaxial y el edema asociado. Imagen ultrasonográfica coronal desde una vista superior con ultrasonido mostrando el abundante edema periventricular en el lóbulo frontal. La siguiente imagen muestra la cavidad de resección en donde se encontraba la lesión.



T Tumor, E Edema, LM Línea Media



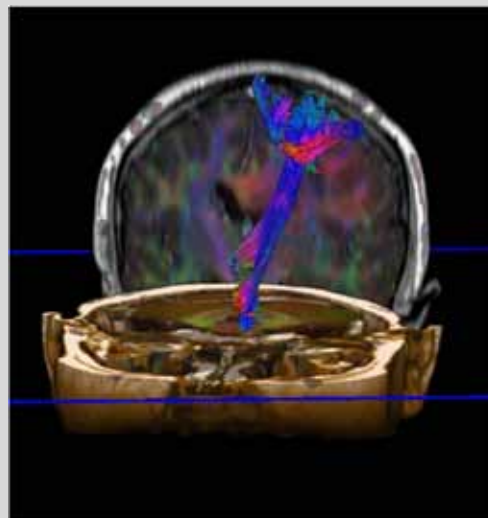
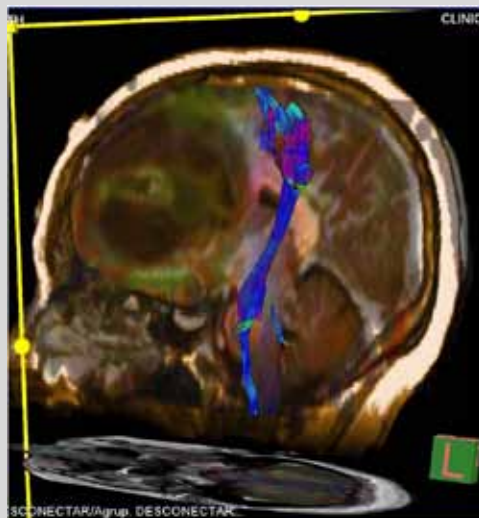
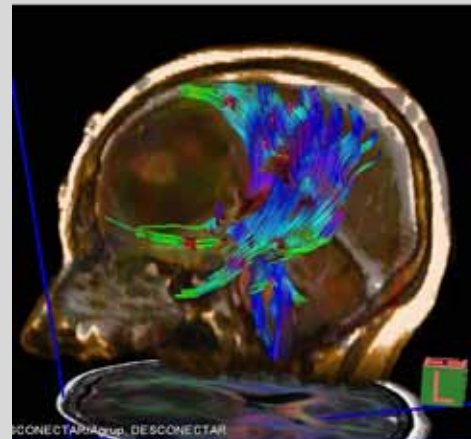
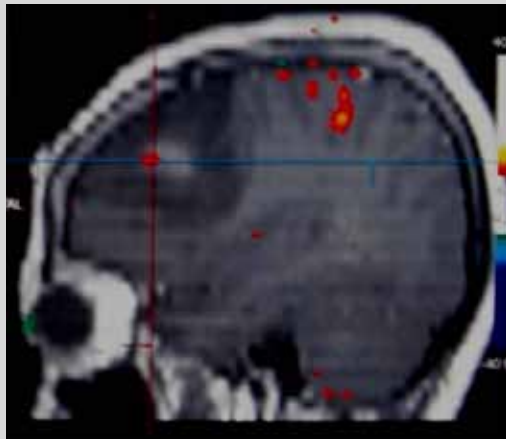
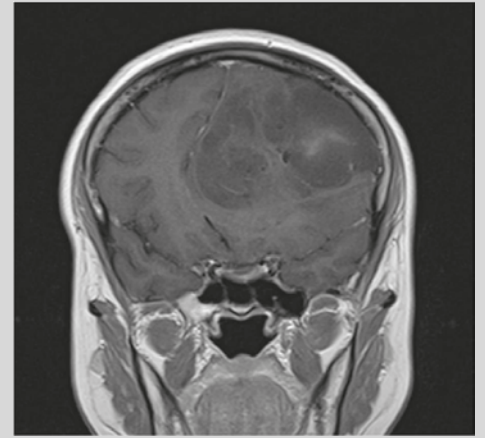
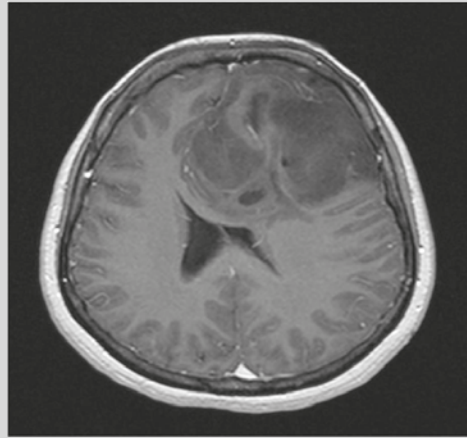
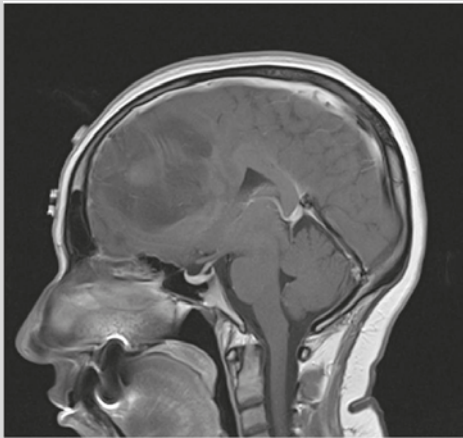
E Edema, V Ventriculo, LM Línea Media

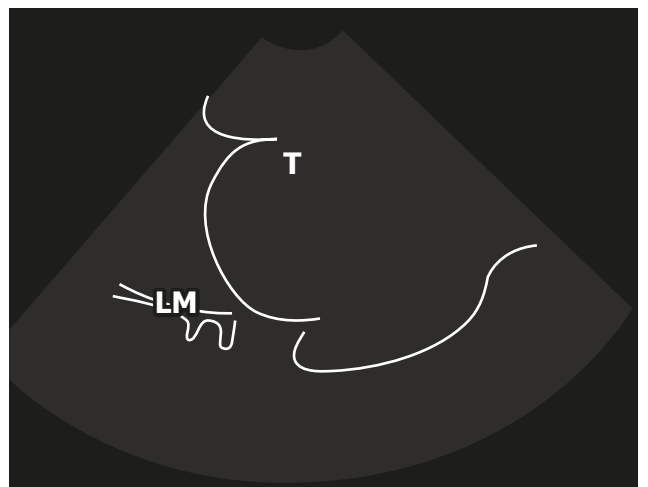
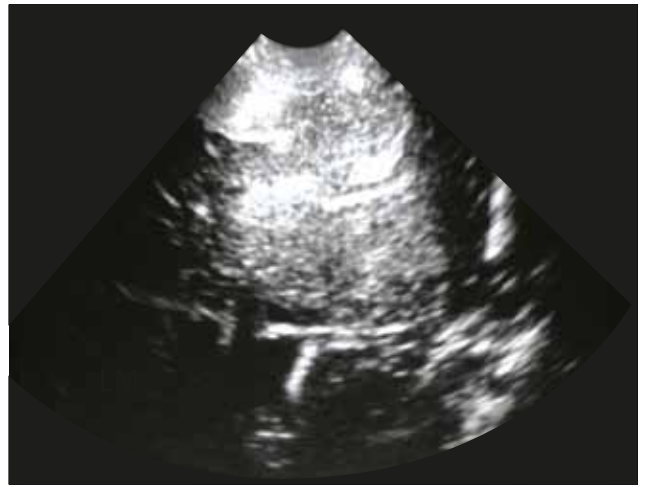
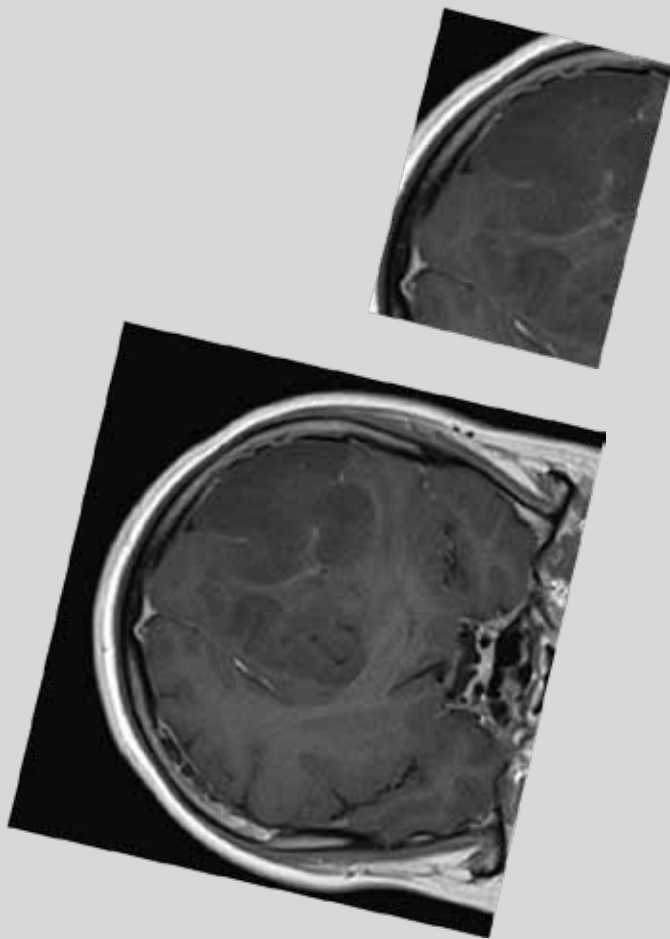


E Edema, CR Cavidad de Resección, B Burbujas

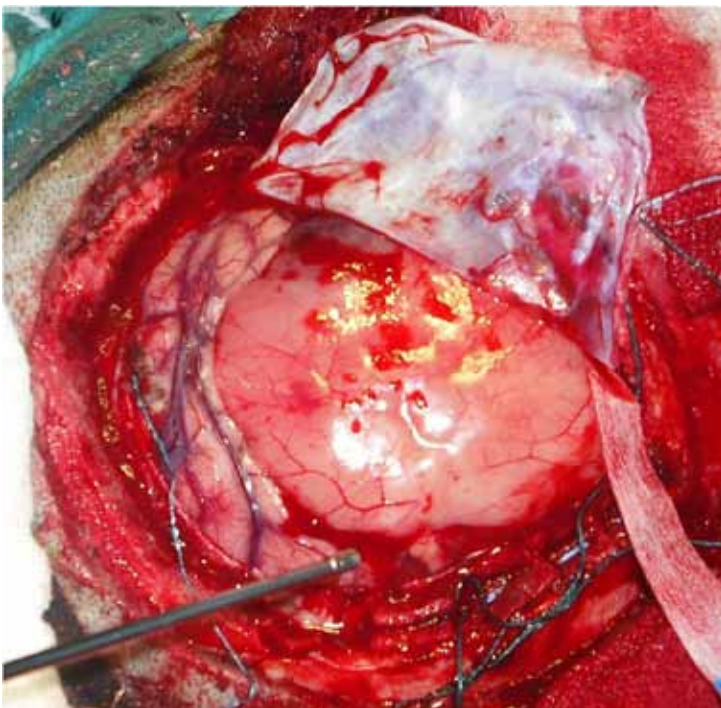
EPENDIMOMA ANAPLASICO FRONTAL IZQUIERDO

Imágenes de arriba abajo de izquierda a derecha: RM T1 GAD en los tres planos que muestra lesión expansiva región frontal izquierda. Imágenes de en medio que muestran RMf de la neuroactivación de la mano derecha, de notar es el desplazamiento de la banda motora hacia atrás. A la par es una secuencia en DTI (Diffusion Tensor Image) de tractografía que muestra el desplazamiento de los tractos en las inmediaciones del tumor. Las imágenes inferiores de DTI muestran solo la vía piramidal que se encuentra íntegra en todo su trayecto.

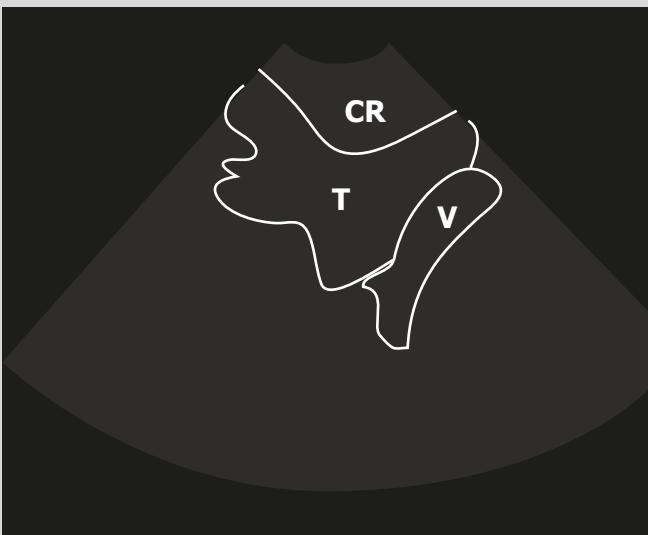
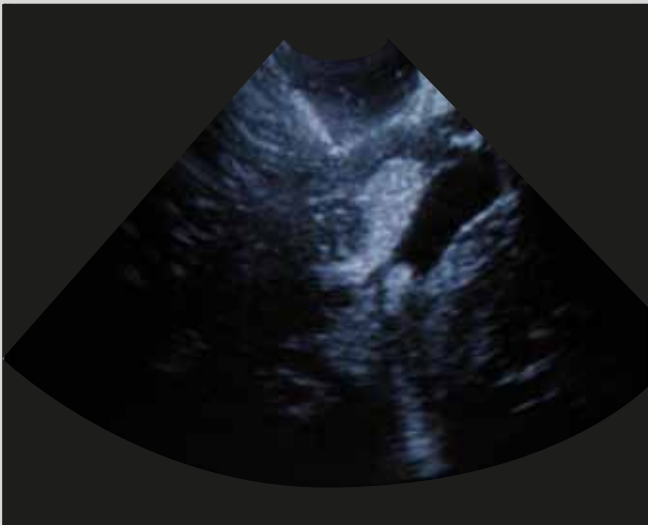




T Tumor, **LM** Línea Media

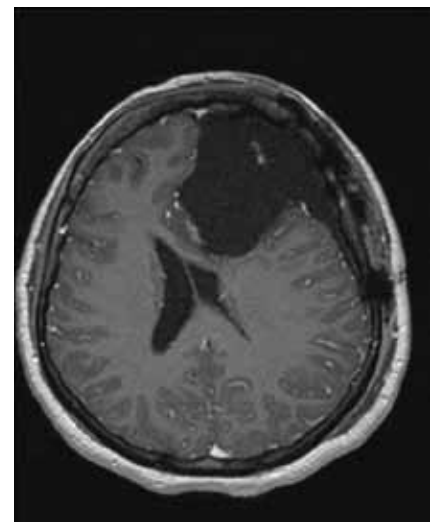
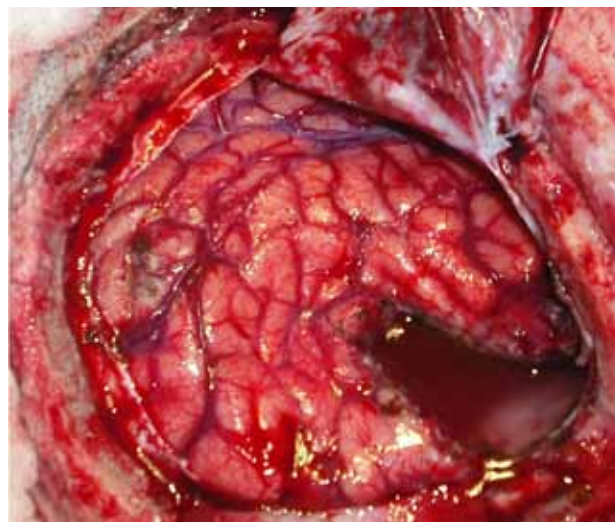
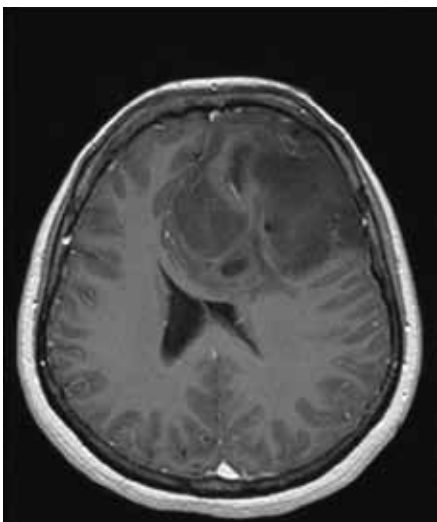


Imágenes de arriba abajo de izquierda a derecha: Acercamiento de la RM en sentido coronal la cual ha sido angulada para correlacionarse con el Ultrasonido Intraoperatorio. Abajo fotografía intraoperatoria del componente extraaxial de la lesión.



CR cavidad de resección, **T** Tumor, **V** Ventriculo, **PC** plexo coroideo

CR cavidad de resección, **LM** Línea media, **V** Ventriculo, **S** sangre

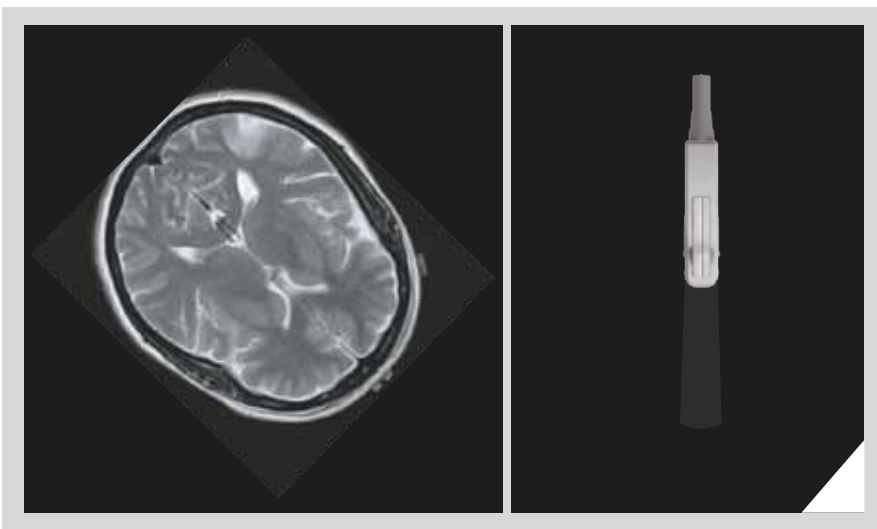
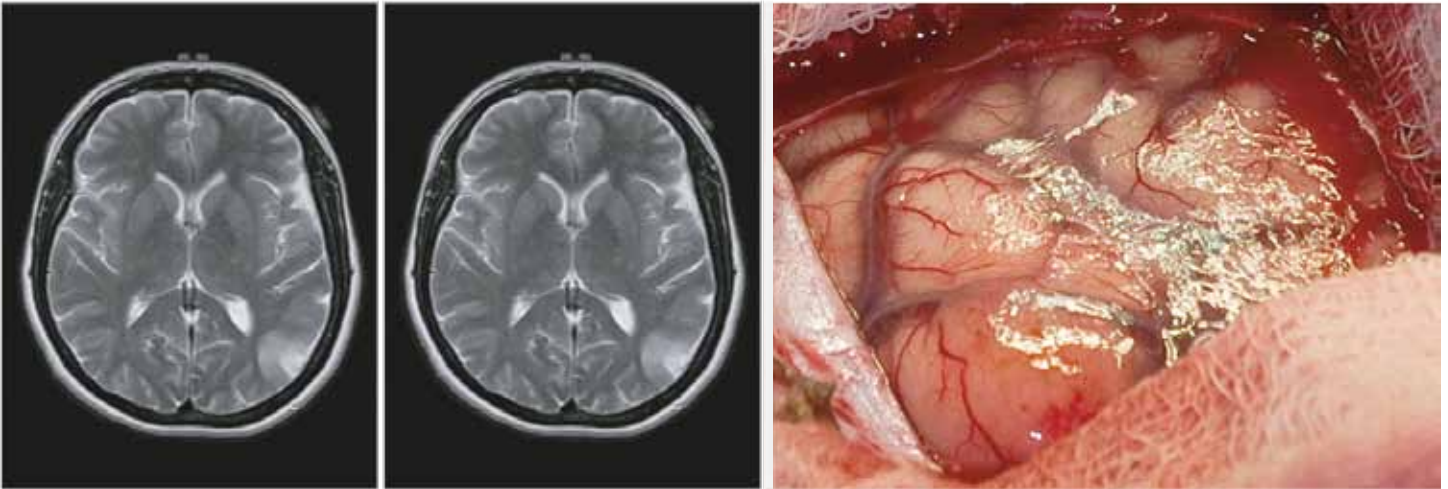


Imágenes de arriba abajo de izquierda a derecha: Ultrasonografía intraoperatoria que muestra el ventrículo izquierdo con residuo tumoral por encima de él, en la región del cuerpo caloso. La próxima imagen de ultrasonografía muestra el ventrículo izquierdo que ha sido violado con sangre en su interior, esto es corregido en quirófano con abundante irrigación, la lesión tumoral ya no existe. Abajo, imagen preoperatoria, fotografía intraoperatoria de la cavidad de resección e imagen de RMT1 GAD control

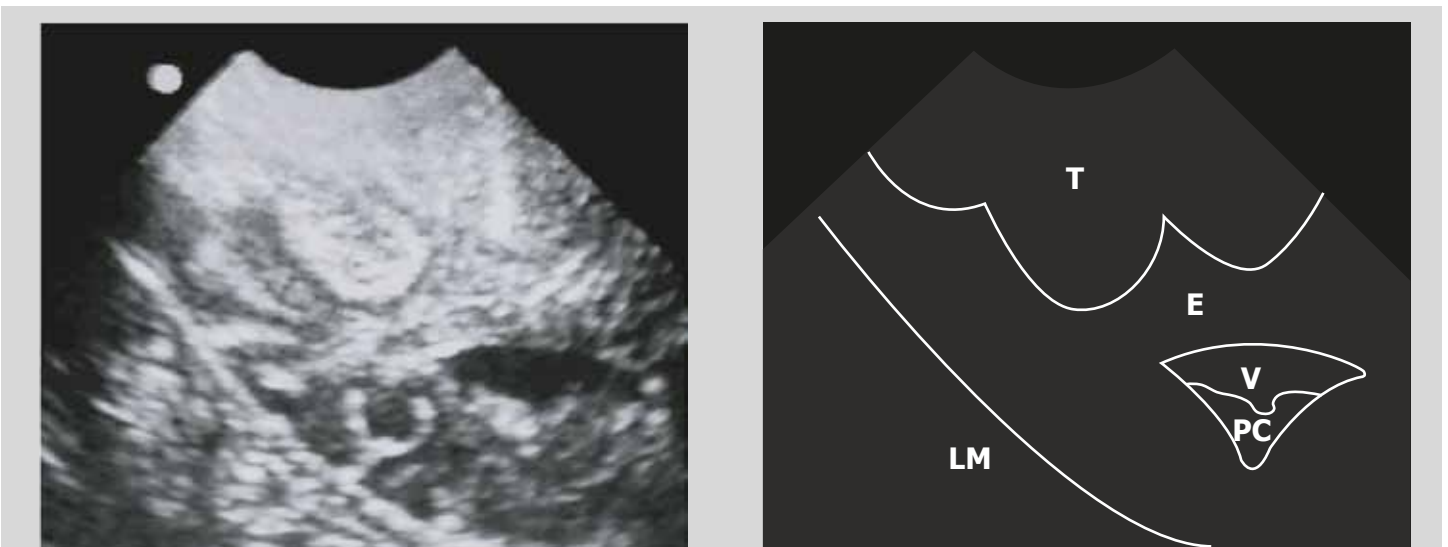
TUMORES DE BAJO GRADO Y OTRAS LESIONES BENIGNAS

- ▶ **ASTROCITOMA** GRADO II DE LA REGION PARIETAL IZQUIERDA
- ▶ **ASTROCITOMA** PILOCITICO PARIETAL DERECHO
- ▶ **PAPILOMA** DEL PLEXO COROIDEO
- ▶ **OLIGODENDROGLIOMA** FRONTAL DERECHO
- ▶ **ASTROCITOMA**, TEMPORAL DERECHO
- ▶ **MENINGIOMA** PARASAGITAL DERECHO
- ▶ **MENINGIOMA** FRONTAL DERECHO EN UN PACIENTE SINIESTRO
- ▶ **MACROADENOMA** DE HIPOFISIS, ABORDAJE BIFRONTAL

ASTROCITOMA GRADO II DE LA REGION PARIETAL IZQUIERDA



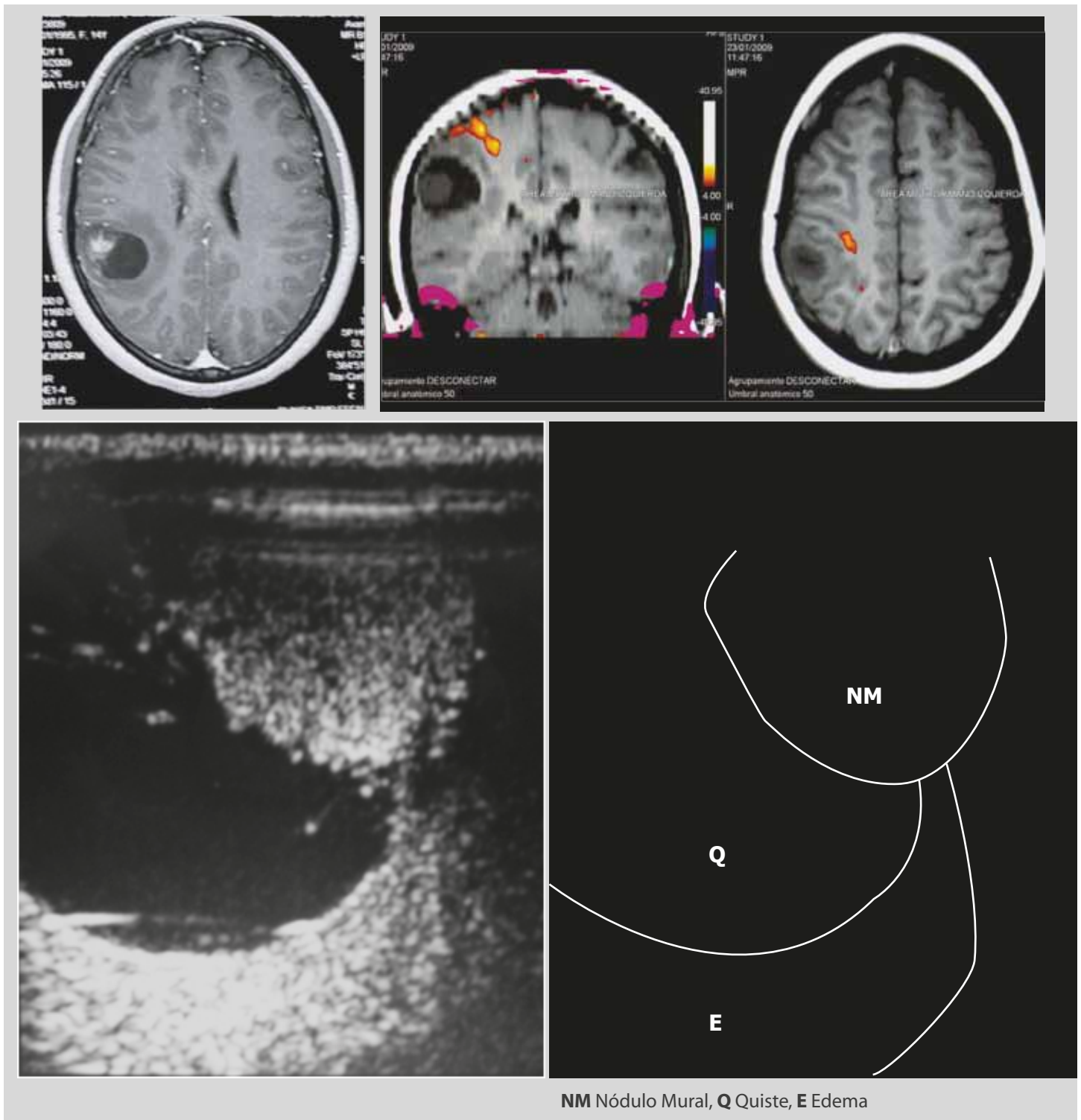
RM, T2 axial que muestra la lesión infiltrativa. Giro de la imagen de RM para adecuarla a la imagen ultrasonográfica. Fotografía intraoperatoria que muestra representación cortical de la lesión sobre el giro más caudal. Vista ultrasonográfica de la lesión y su aspecto trilobulado, la relación con la línea media y el ventrículo.



T Tumor, E Edema, V Ventrículo, PC Plexo Coroideo, LM Línea Media

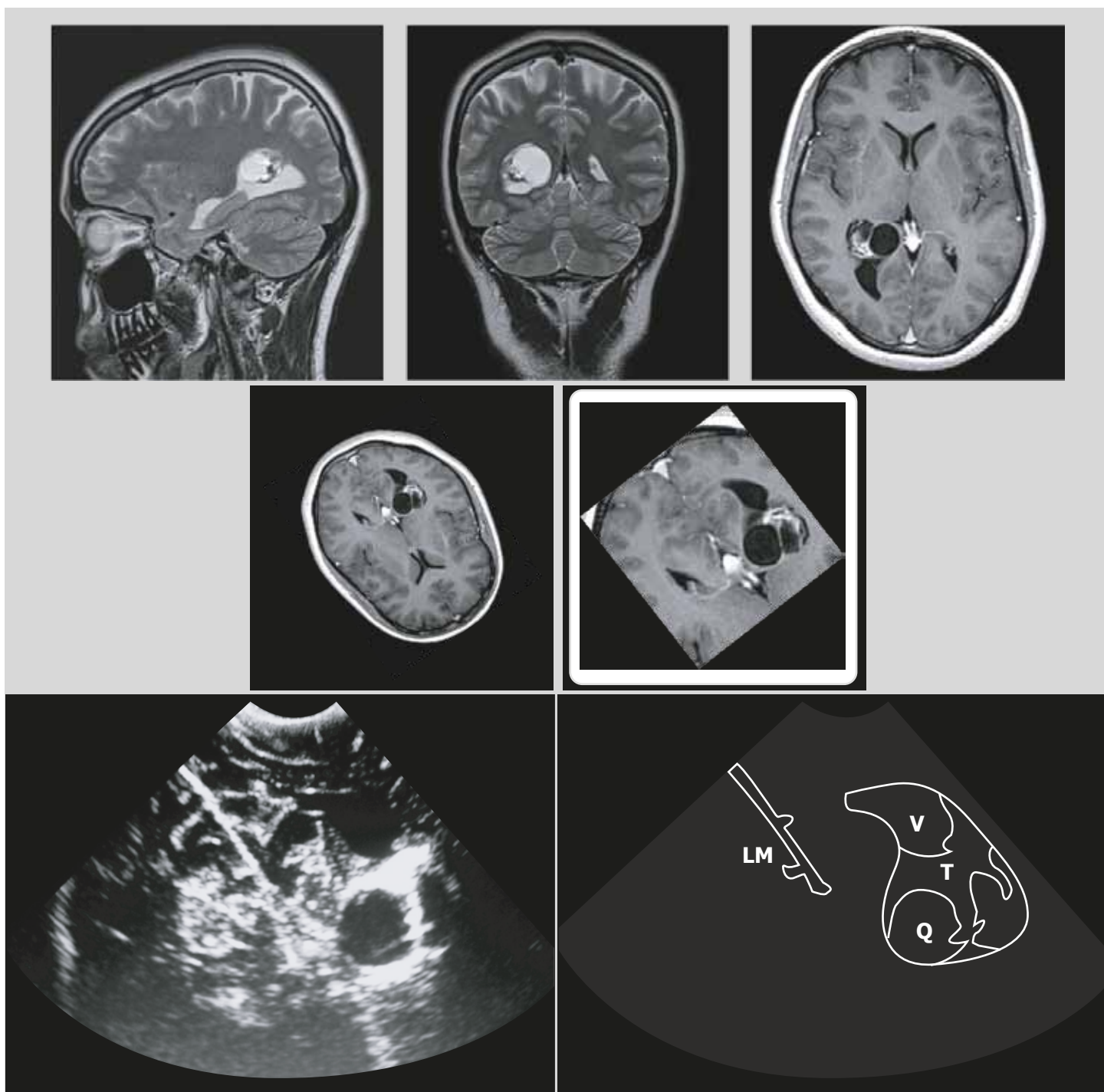
ASTROCITOMA PILOCITICO PARIETAL DERECHO

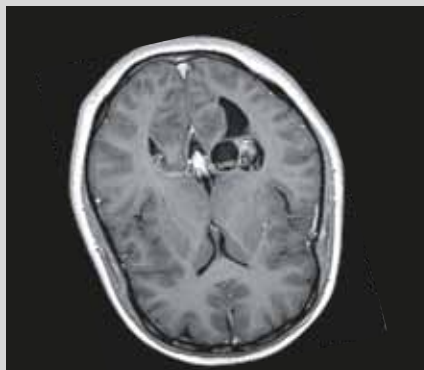
Secuencias de RM axial con gadolínio y RM funcional que muestran el desplazamiento de la banda motora en relación a la lesión. Vista ultrasonográfica del tumor quístico con el nódulo mural en su interior, de notar es el edema asociado a la lesión.



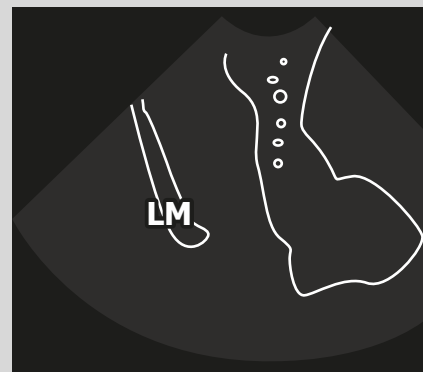
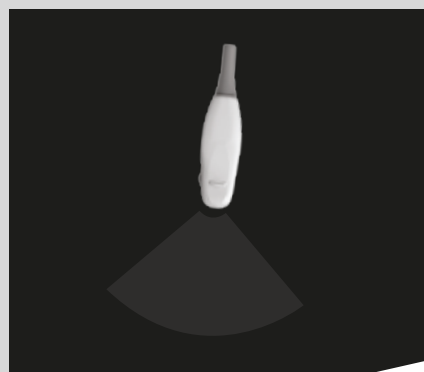
PAPILOMA DEL PLEXO COROIDEO

Secuencias de RM sagital, axial en T2 y de T1 con gadolinio que muestran la lesión intraventricular. Abajo; Giro de la imagen de RM y acercamiento de la zona de interés para adecuarla a la imagen ultrasonográfica. Imagen ultrasonográfica que muestra la lesión calcificada en el interior del ventrículo. En la pagina siguiente RM angulada con medición del tamaño de la lesión, al lado misma imagen pero en ultrasonido haciendo la medición de la lesión principal. Abajo; esquema del transductor ultrasonográfico dentro del trayecto (Cavidad de resección). Ultrasonido intraoperatorio posterior a la resección completa de la lesión. Finalmente imagen del neuronavegador al final del procedimiento mostrando el contacto de la herramienta con el tálamo derecho.

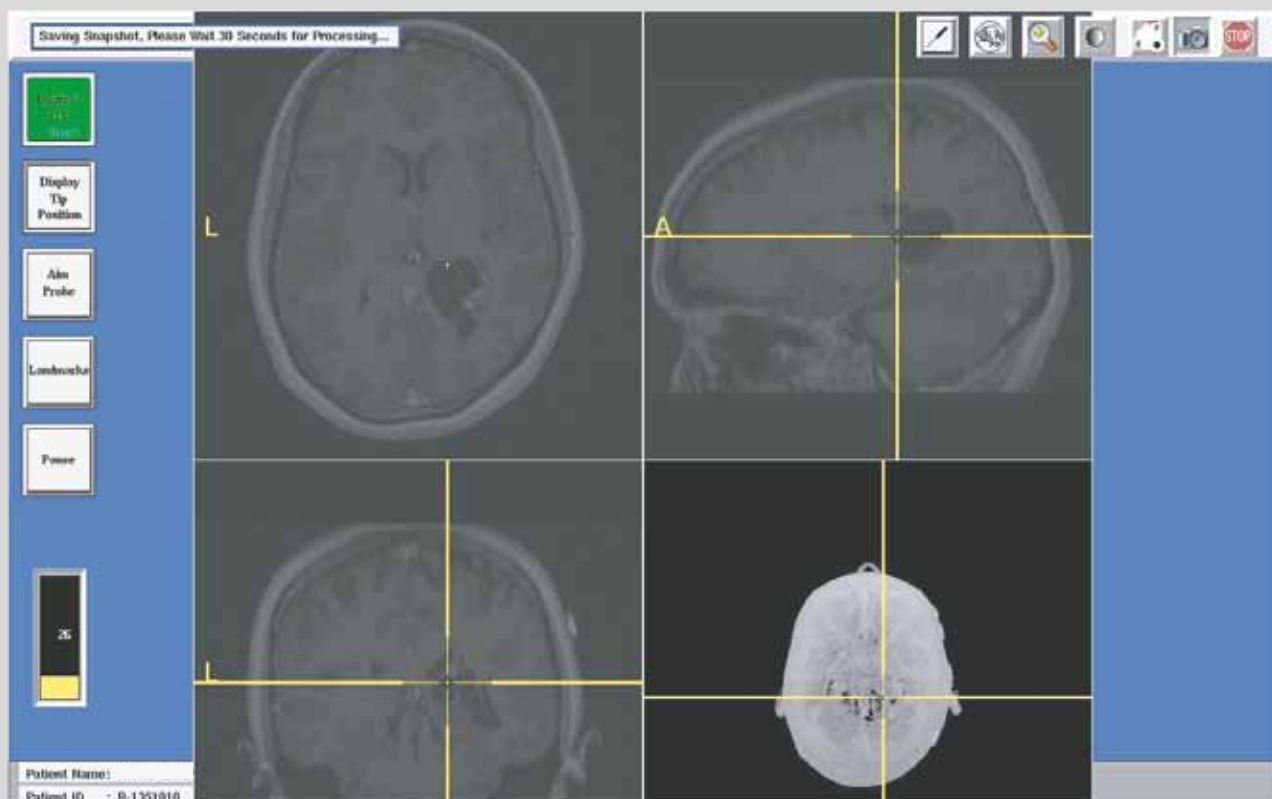




÷ 2,02cm



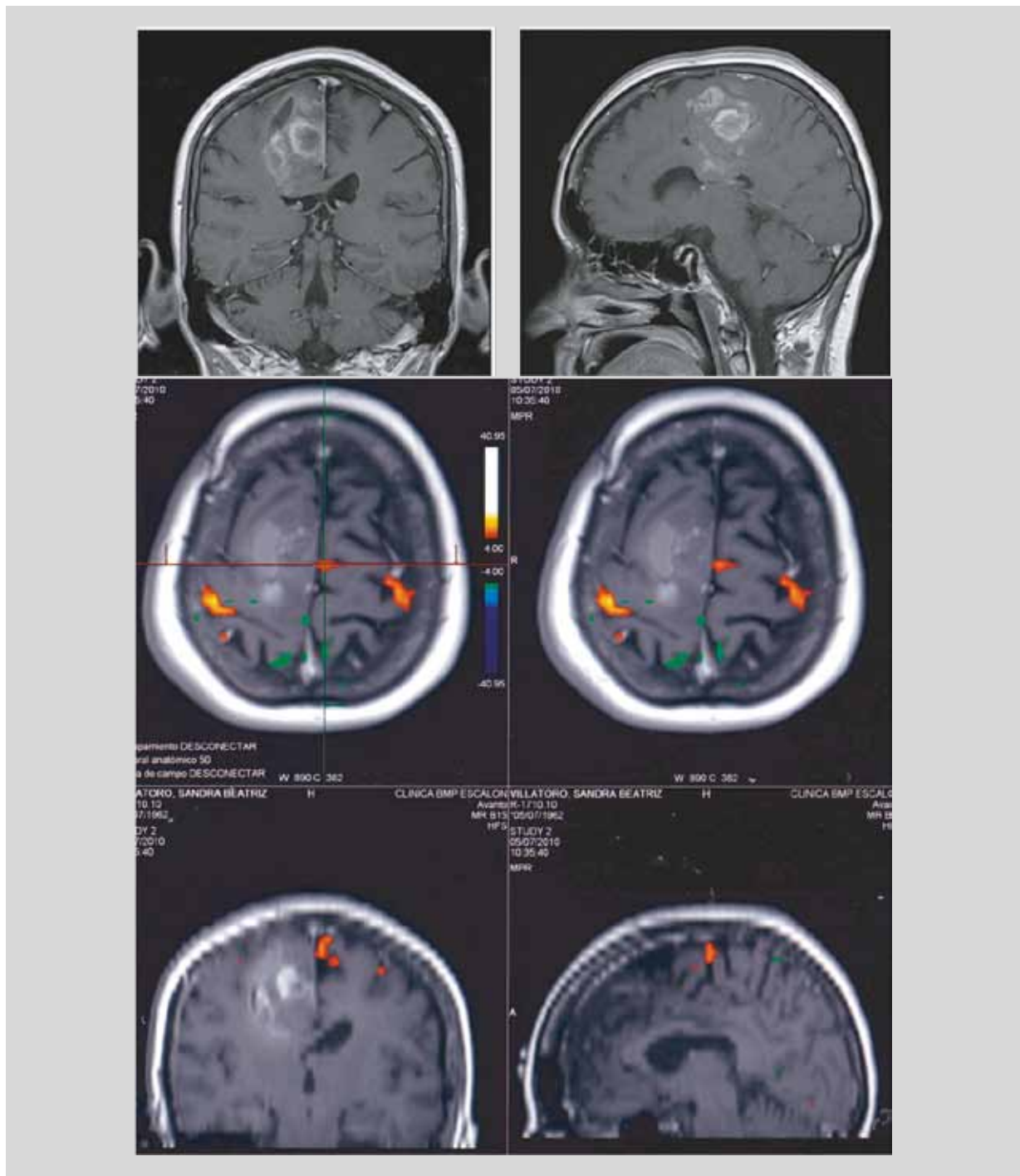
T Tumor, **V** Ventrículo, **LM** Línea Media, **Q** Quiste, **CR** Cavity de Resección

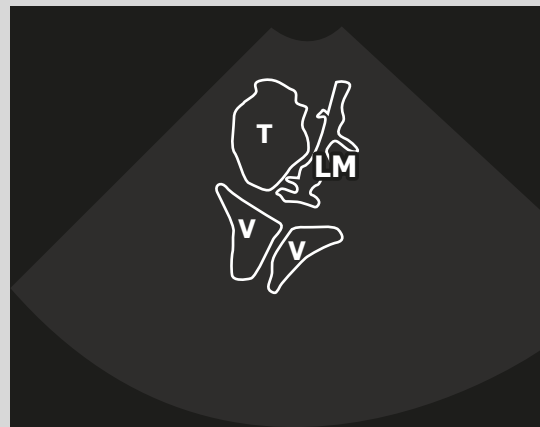
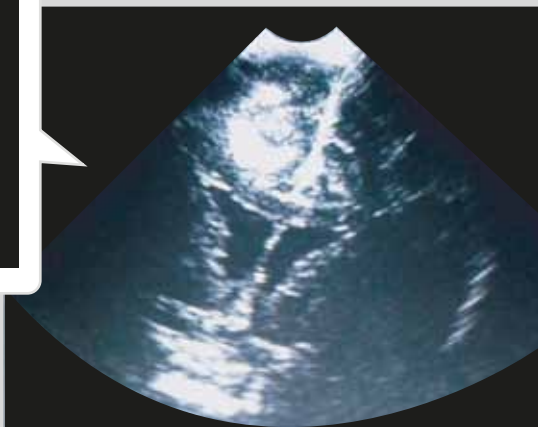
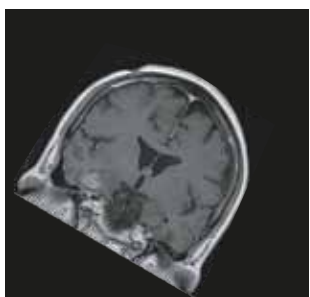
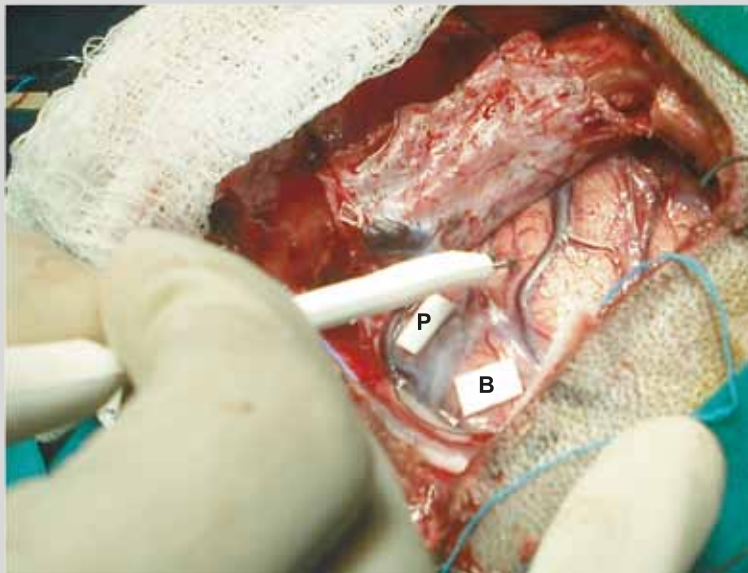


OLIGODENDROGLIOMA

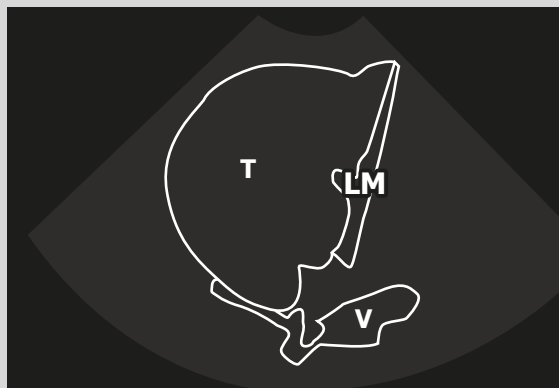
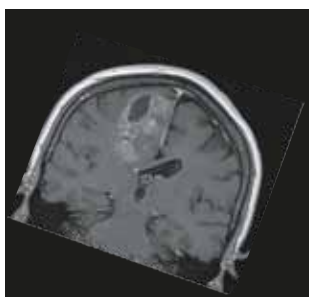
FRONTAL DERECHO

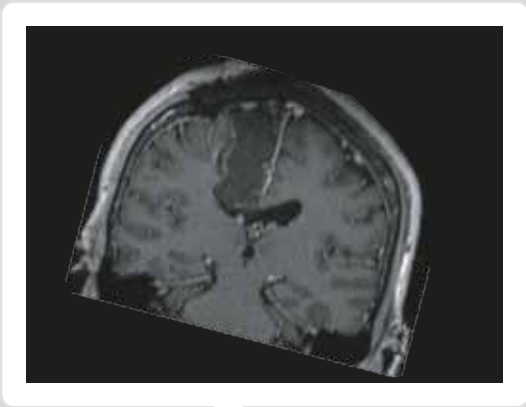
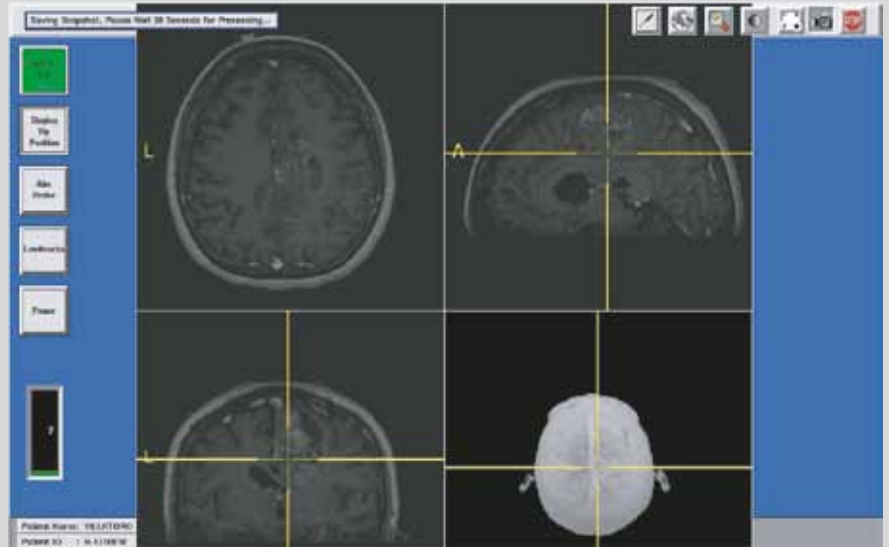
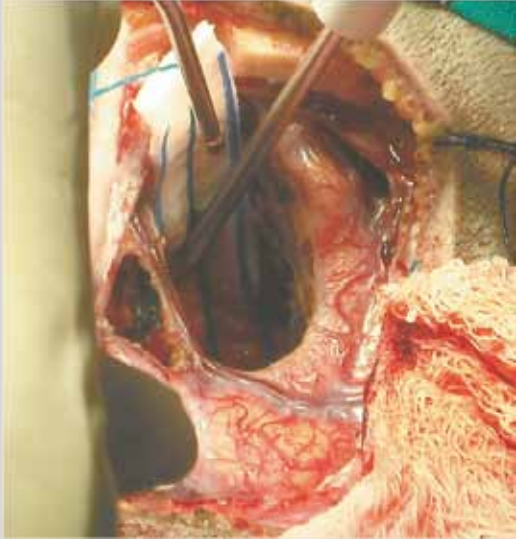
RM T1 con contraste coronal y sagital que muestran tumor frontal derecho con efecto de masa sobre el ventrículo ipsilateral. RM funcional que muestra la ubicación de la mano (el pie no se logra ver debido a paresia del miembro inferior izquierdo). Secuencia de fotografías que muestran la planeación pre-incisión (según neuronavegador) en la cual se puede constatar la cercanía de la lesión con la banda motora, posteriormente se identifica la banda motora (vía corticoestimulación) por atrás de la zona identificada de tumor (P- representa en donde se obtuvo movimiento del Pie y B en donde se suscito movimiento del Brazo).





T Tumor, V Ventrículo, LM Línea Media





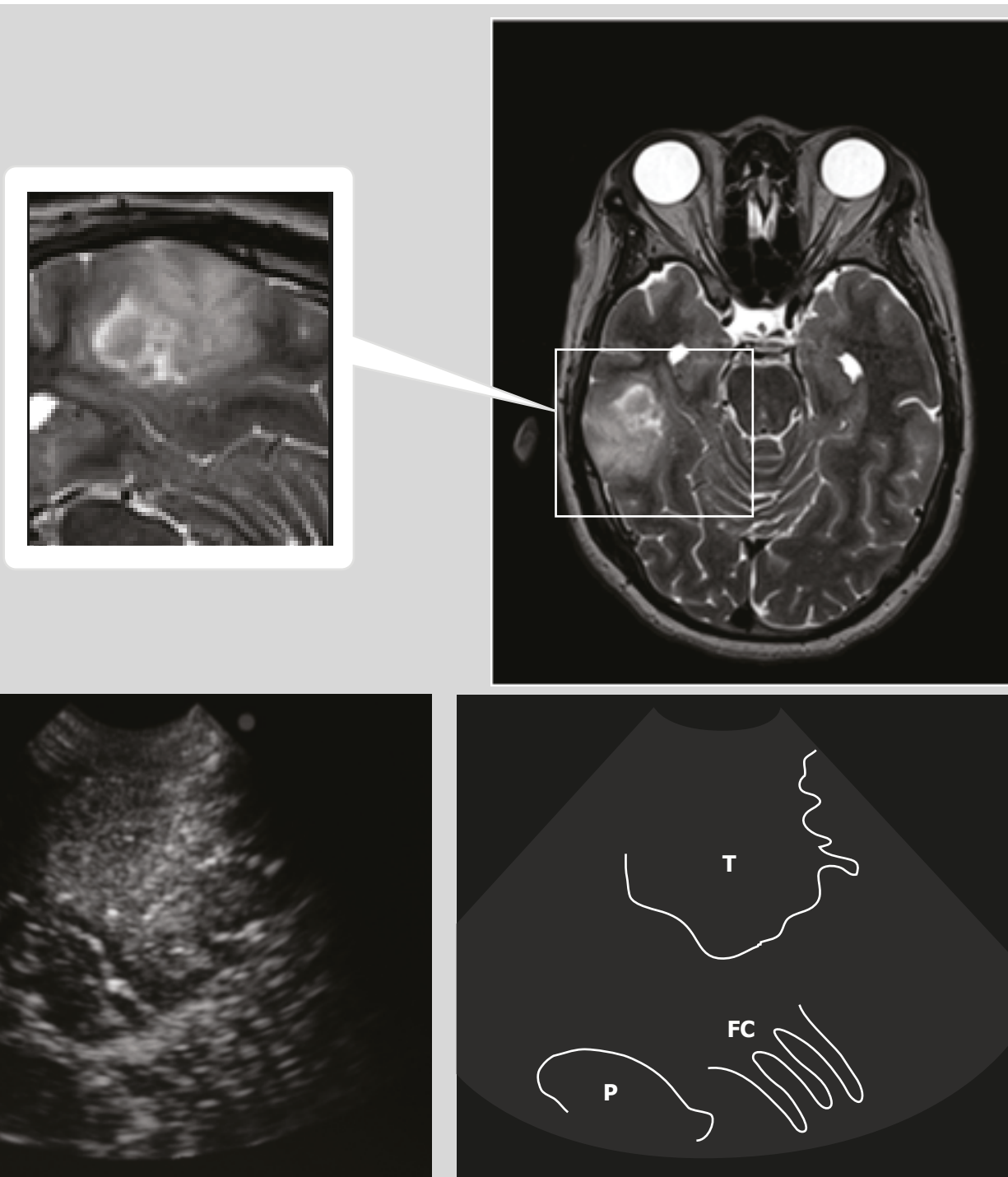
CR Cavidad de Resección, **V** Ventrículo

ASTROCITOMA, TEMPORAL DERECHO

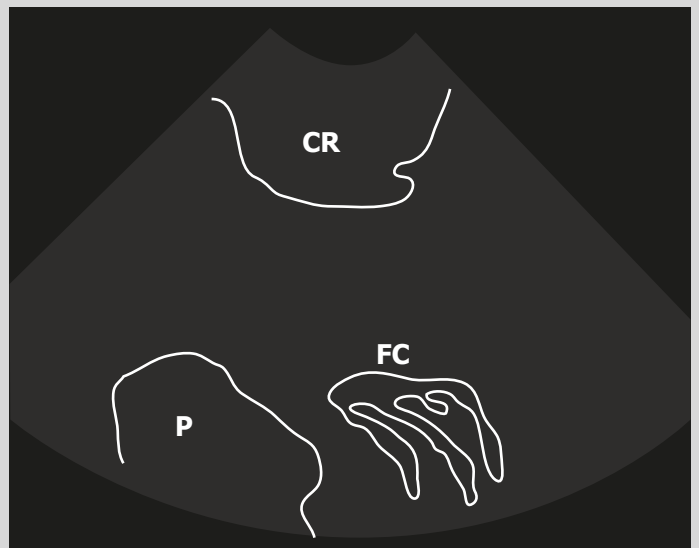
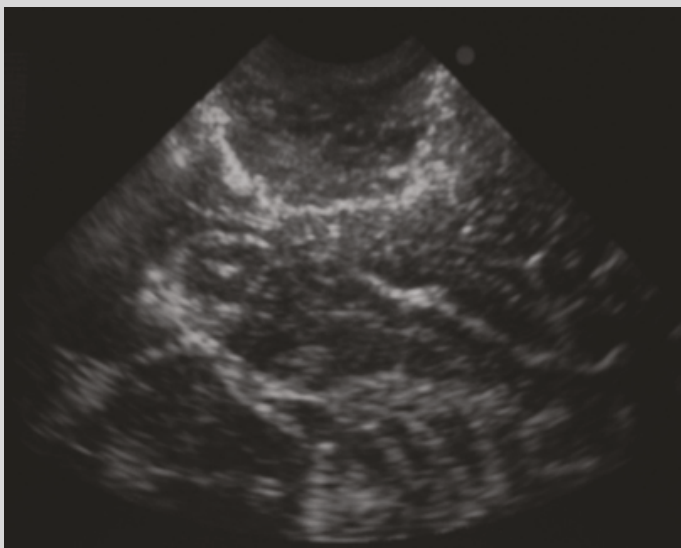
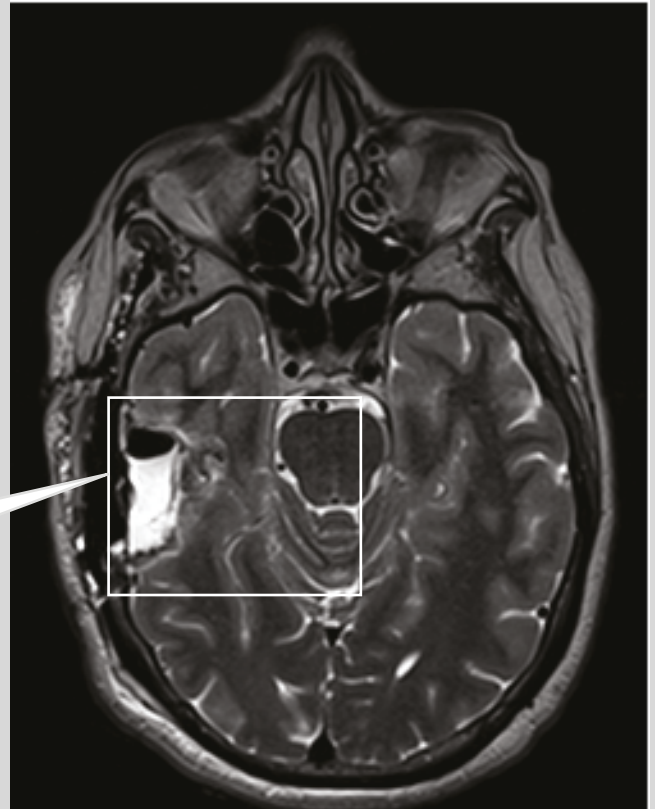
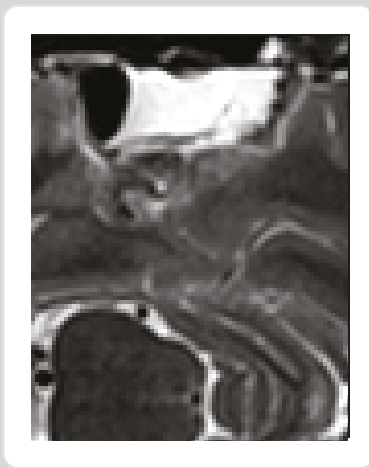
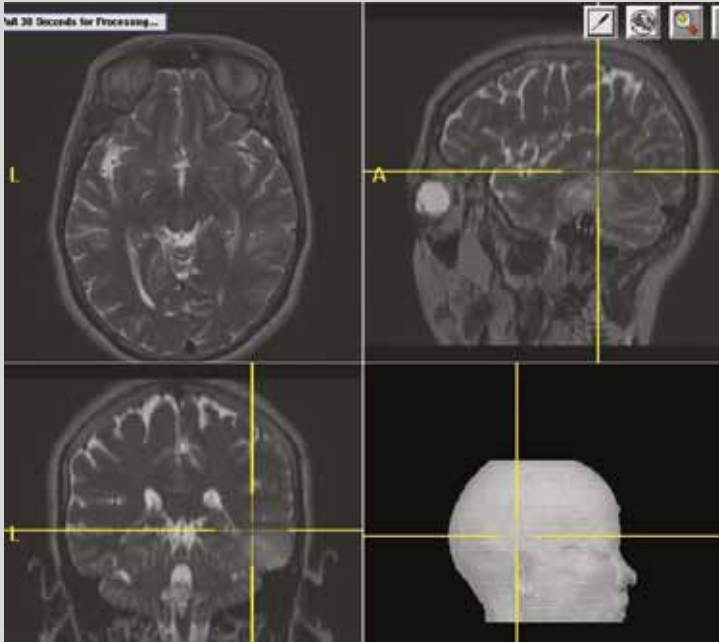
T2 axial que muestra una lesión infiltrante de bajo grado, acercamiento y angulación de la región de interés la cual se correlaciona con el ultrasonido intraoperatorio en los segmentos más inferior

Página siguiente

Imagen del sistema de cirugía guiada por imágenes mostrando el aspecto más profundo de la resección, RM transoperatorio que muestra la cavidad de resección, un acercamiento de el área de interés que ha sido angulado para correlacionarse con el ultrasonido intraoperatorio.



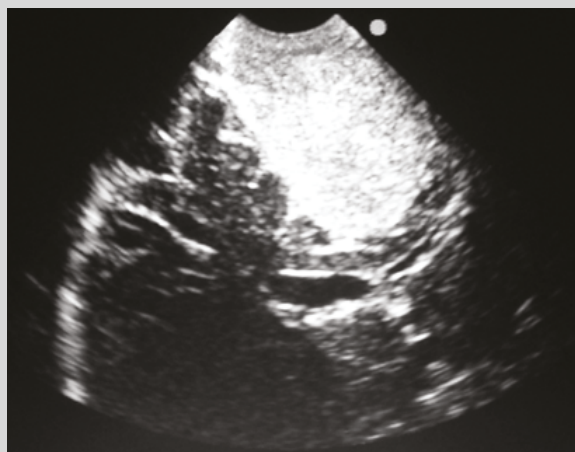
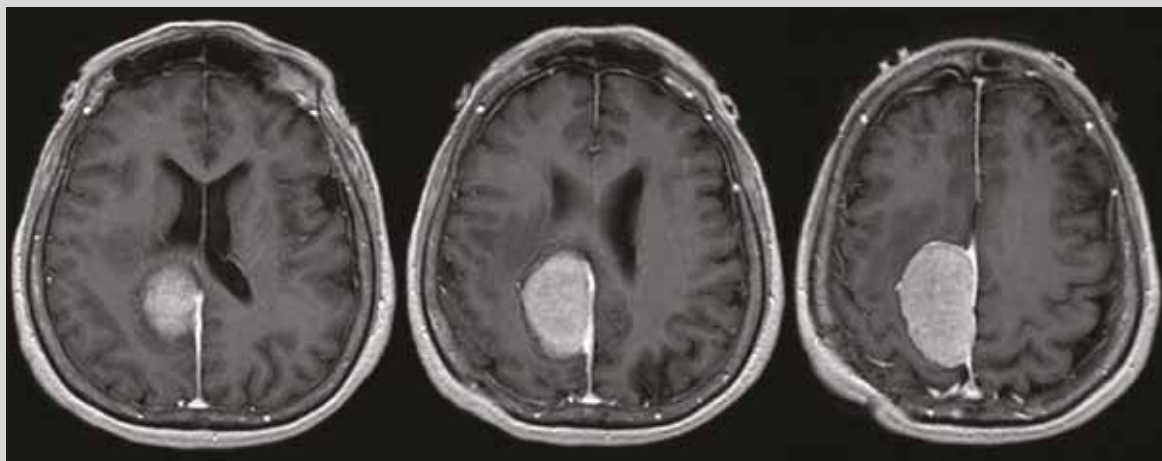
P peduncle, T tumor, CF cerebellar folia



R resection cavity, **P** peduncle, **CF** cerebelar folia

MENINGIOMA PARASAGITAL DERECHO

RM axial con gadolinio que muestra la lesión y el efecto de masa sobre el ventrículo derecho. Abajo; imágenes ultrasonográficas en corte coronal desde la parte más anterior hasta la parte más posterior del tumor en donde ejerce su mayor efecto de masa sobre el ventrículo. La página siguiente muestra las imágenes del neuronavegador al final de la resección en el punto más profundo de la lesión. RM control la cual ha sido angulada para hacer coincidir las imágenes ultrasonográficas. Abajo; acercamiento (vista más superficial) de la cavidad de resección, la segunda imagen muestra una vista ultrasonográfica profunda, de notar es la capacidad de ver con claridad las estructuras más lejanas del hemisferio contralateral.



LM Línea media, V Ventriculos, T Tumor

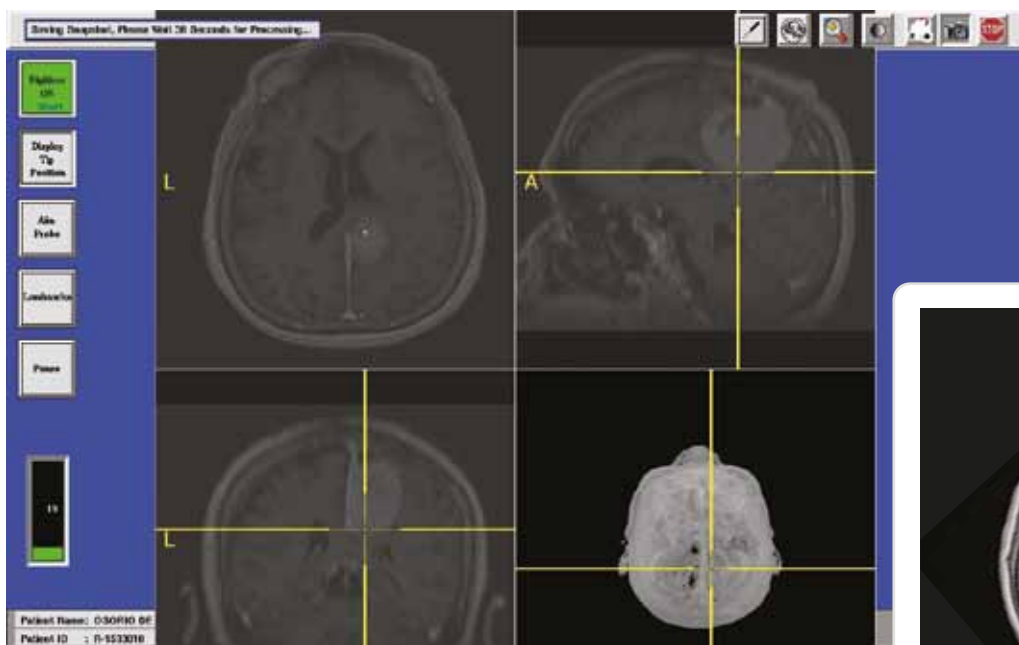
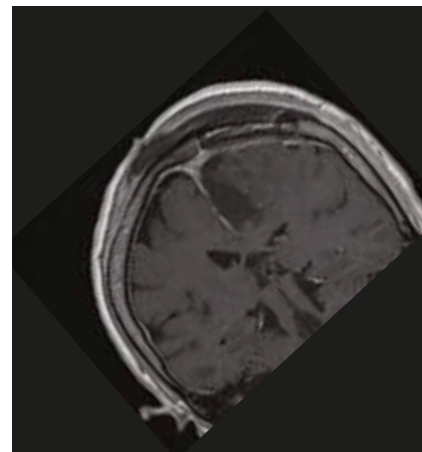
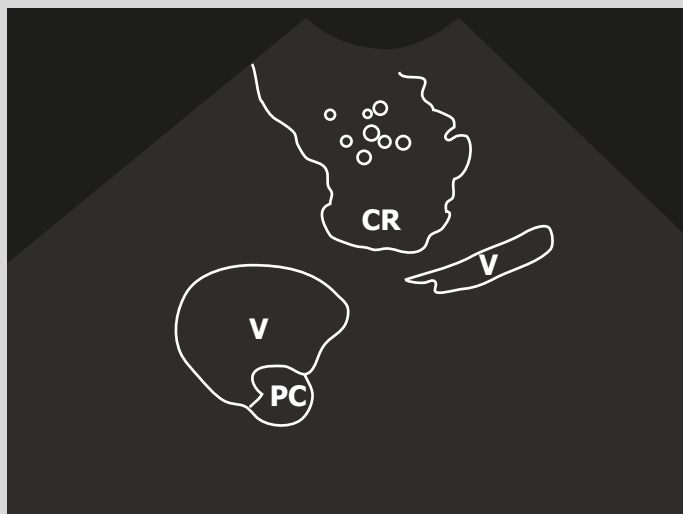


Imagen de neuronavegación al final del procedimiento



RM control



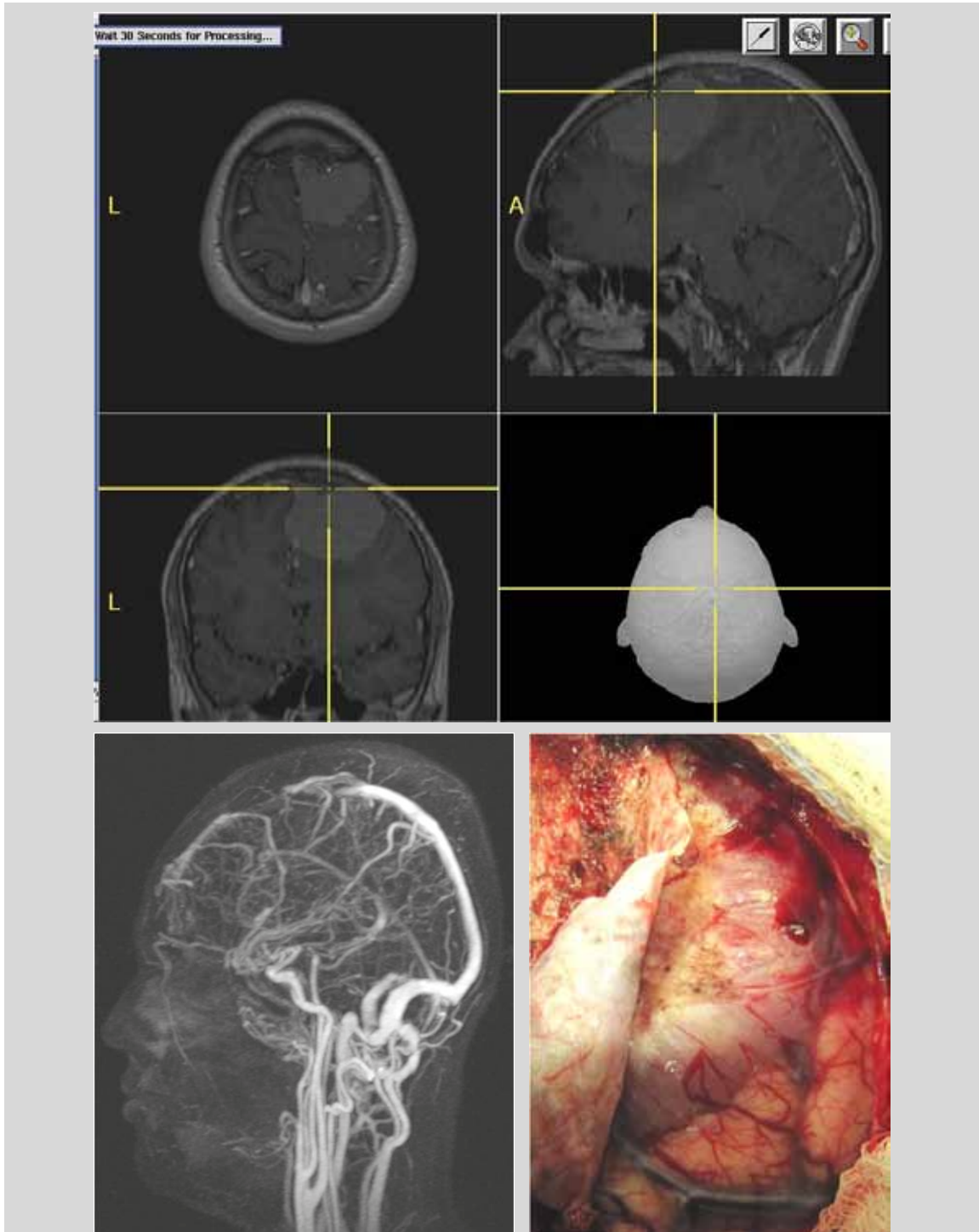
CR Cavity de resección, V Ventriculos, PC Plexo coroideo, LT Lobulo temporal

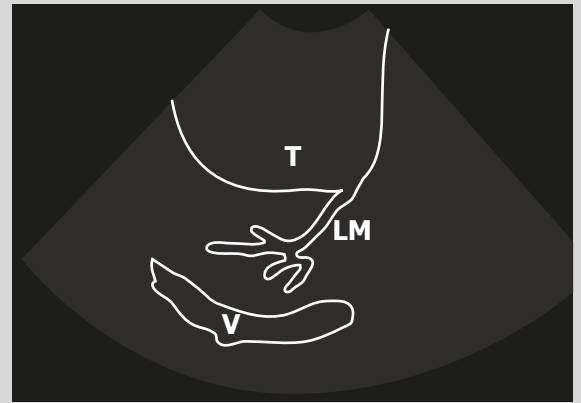
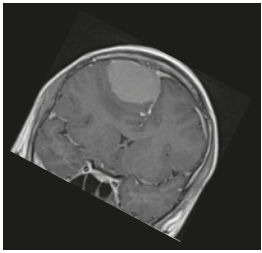
MENINGIOMA FRONTAL DERECHO EN UN PACIENTE SINIESTRO

La primera imagen muestra el display del sistema de cirugía guiada por imágenes el cual muestra un meningioma frontal derecho, luego una venoresonancia (TOF) que muestra el compromiso del seno sagital superior. En la parte más inferior derecha una imagen intraoperatoria de la lesión.

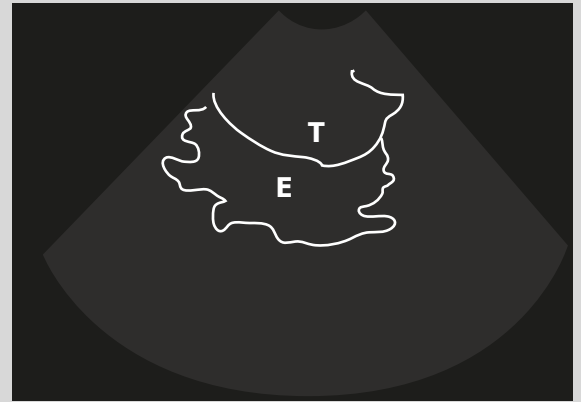
Siguiente página

Desde arriba, RM coronal con correlación ultrasonográfica antes de la resección de la lesión. En la parte más inferior muestra misma correlación pero el tumor ha sido removido, de notar en ambas imágenes es el edema significativo que rodea tanto la lesión como la cavidad de resección.

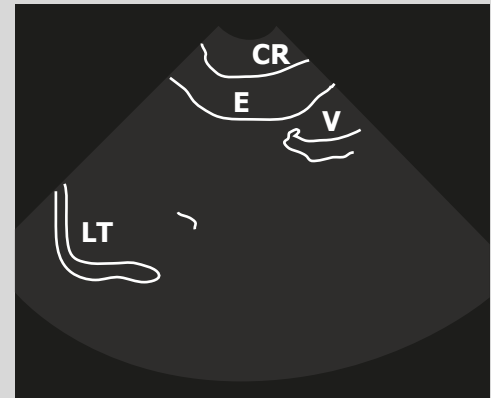
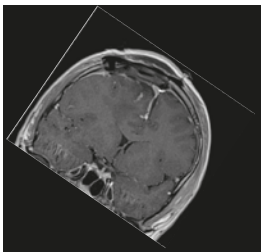




LM Mid line, **V** ventricle, **T** tumor



E edema, **T** tumor



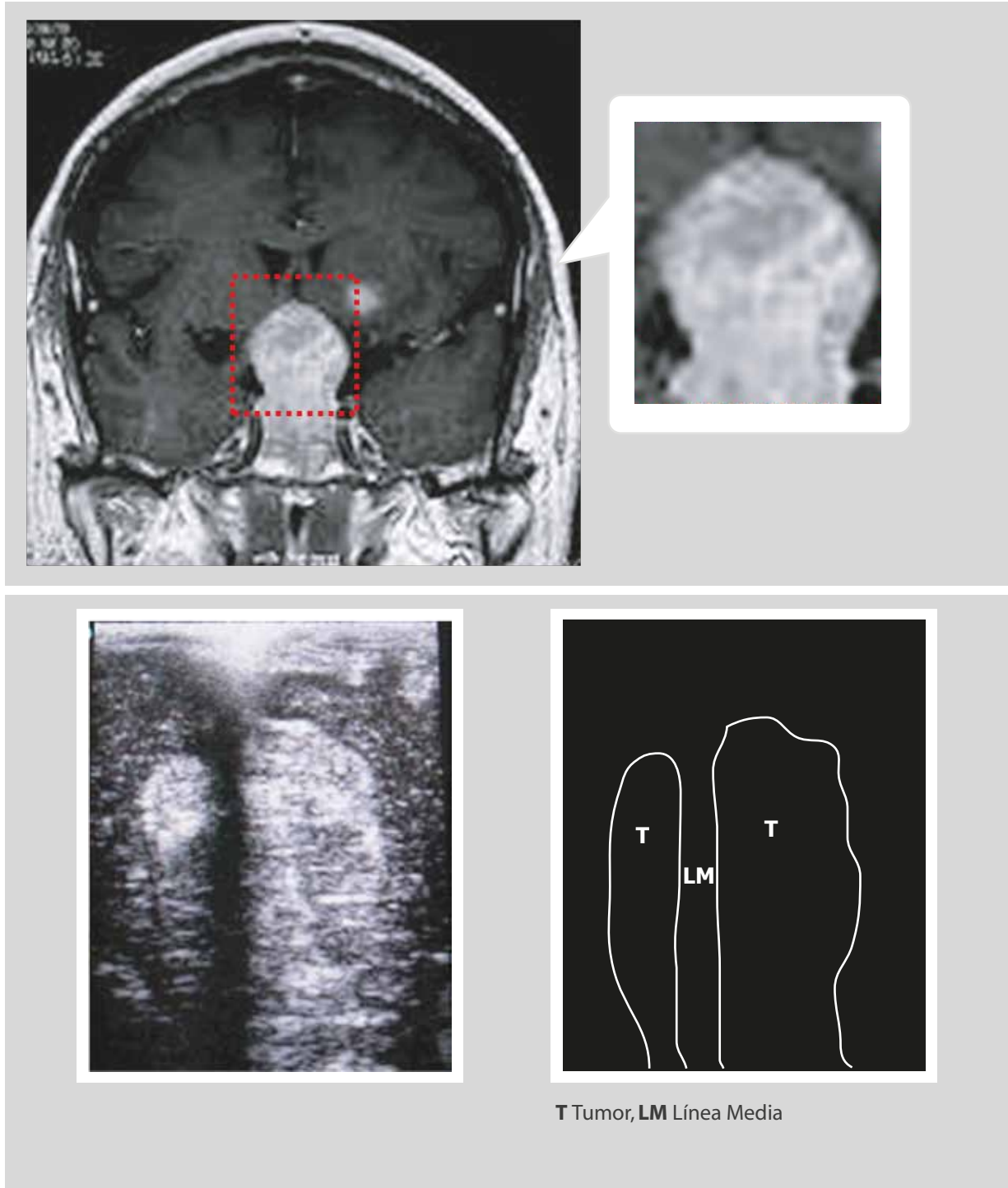
E Edema, **V** ventricle, **CR** resection cavity **LT** temporal lobe



LM mid line

MACROADENOMA DE HIPOFISIS, ABORDAJE BIFRONTAL

RM coronal con gadolinio que muestra la región supraselar con el aumento focal del recuadro. Visión ultrasonográfica de la lesión con el efecto de sombra acústica que ocasiona la hoz en la línea media.

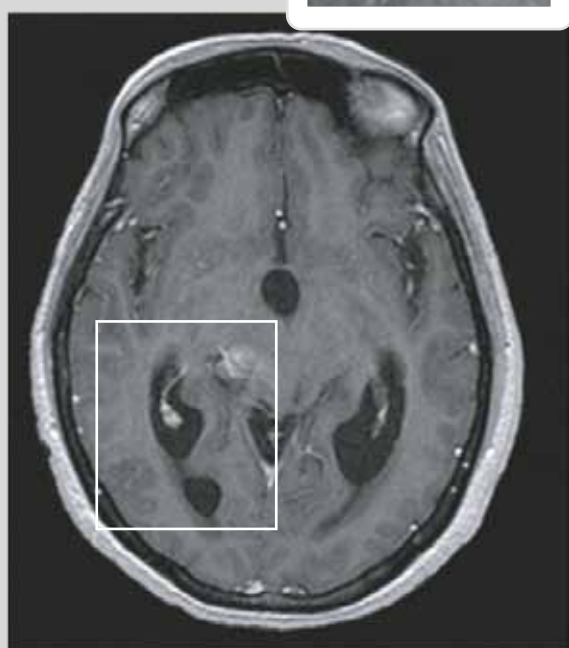
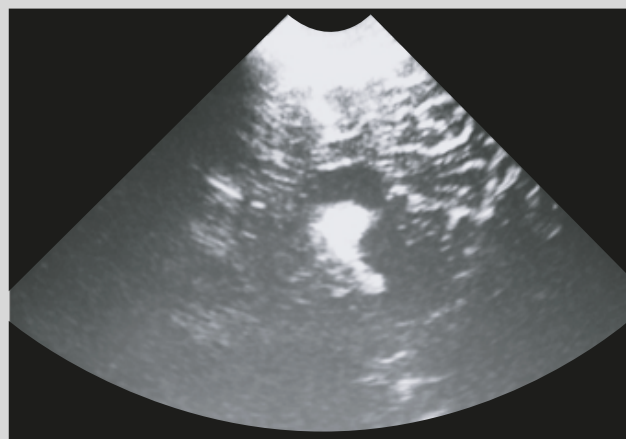
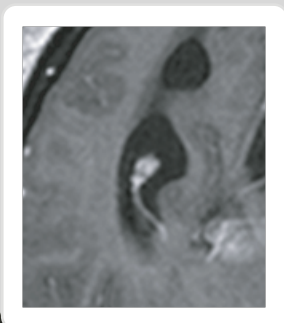
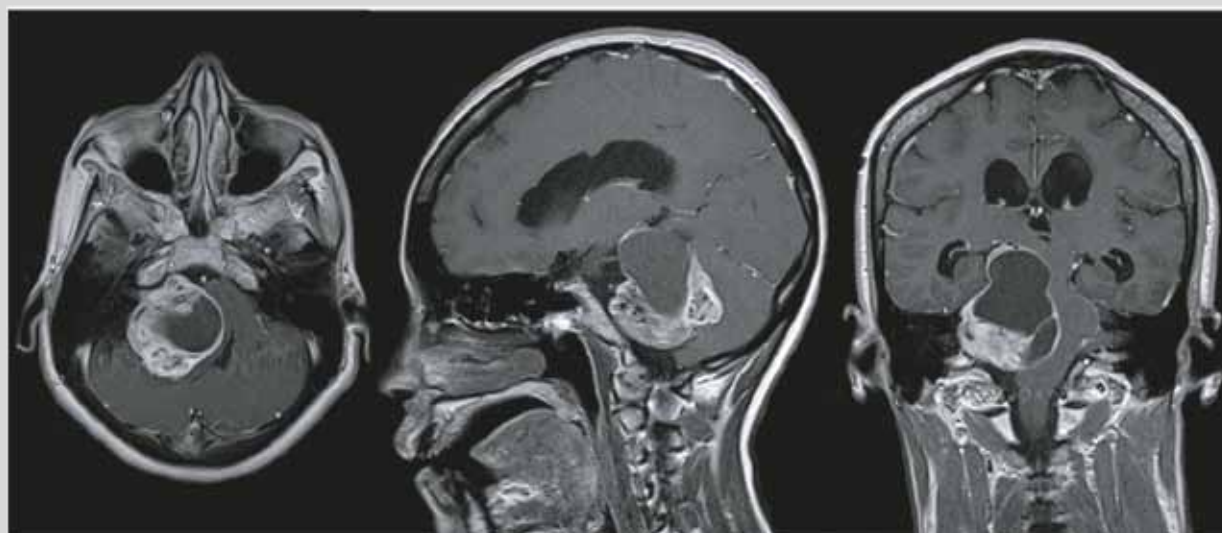


FOSA POSTERIOR

- ▶ FOSA POSTERIOR,
SCHWANOMA QUISTICO KOS IV
 - ▶ FOSA POSTERIOR,
HEMANGIOBLASTOMA
-

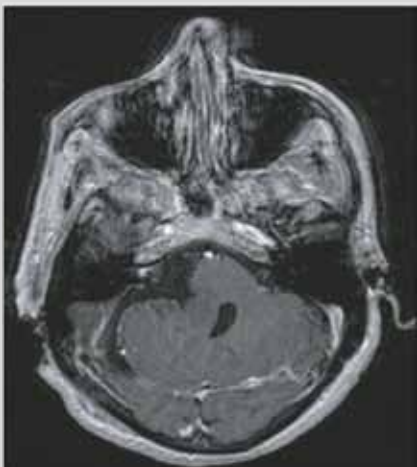
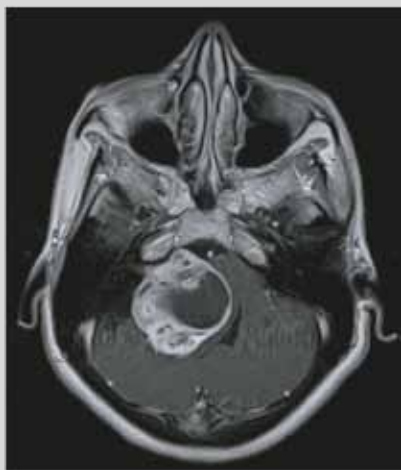
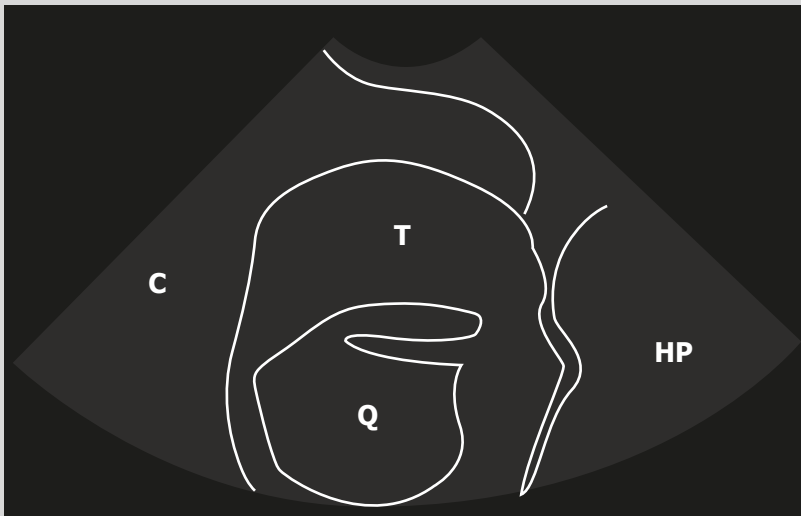
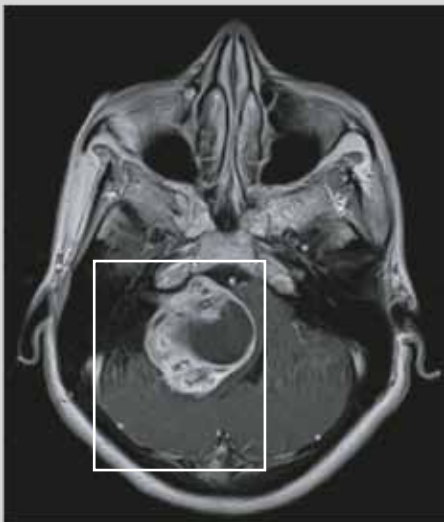
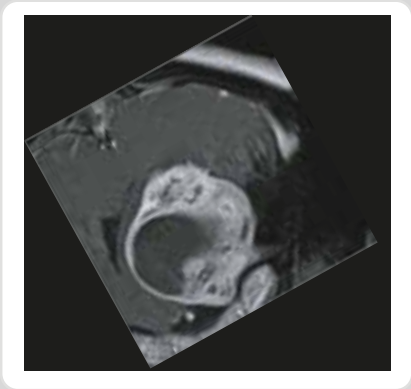
FOSA POSTERIOR, SCHWANOMA QUISTICO KOS IV

Cortes axiales, sagitales y coronales de la RM con gadolinio que muestran la lesión tumoral. Corte axial de la imagen en RM por encima de la lesión con acercamiento del asta ventricular derecha (angulación sobre la zona de interés con intención de hacer coincidir la imagen con la de ultrasonografía intraoperatoria). Imagen ultrasonográfica intraoperatoria de la misma zona (inclinando el transductor por encima de la lesión) la cual permite distinguir el asta ventricular con el plexo coroideo en su interior.



V Ventriculo, PC Plexo Coroideo, O Occipital, T Tumor,
Q Quiste, C Cerebelo, HP Hueso Petroso

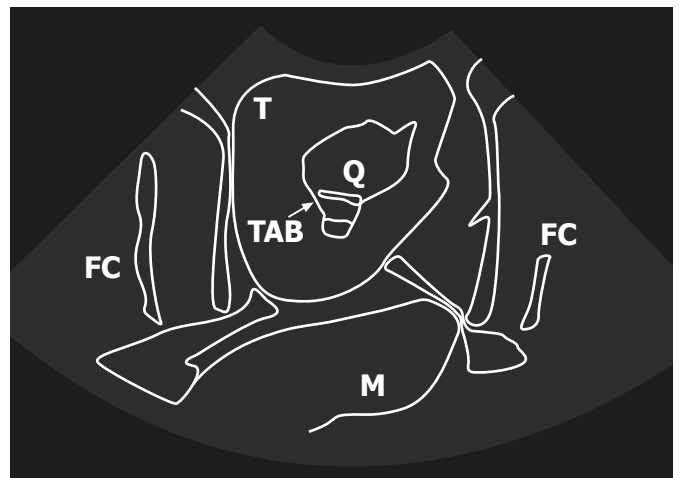
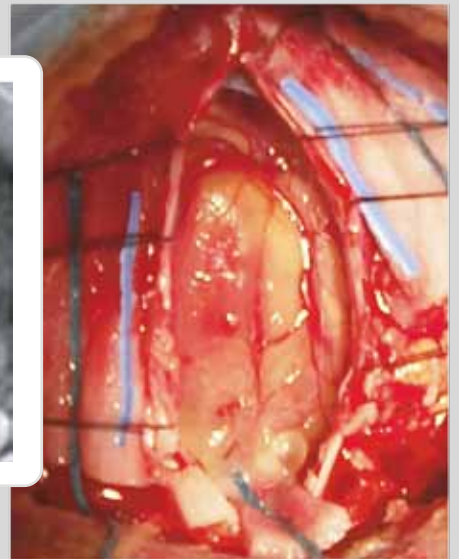
Acercamiento y angulación de la lesión tumoral en relación a la visión ultrasonográfica la cual muestra el tumor por debajo del cerebelo. RM control que muestra resección completa de la lesión.



RM control

FOSA POSTERIOR, HEMANGIOBLASTOMA

Imagen de RM axial con gadolinio y acercamiento y angulación sobre la zona de interés con intención de hacer coincidir la imagen con la de ultrasonografía intraoperatoria. Abajo, imagen ultrasonográfica de la lesión, de notar por su tamaño milimétrico es la clara distinción del tabique dentro de la lesión (mismo tabique que es distinguible en la RM).



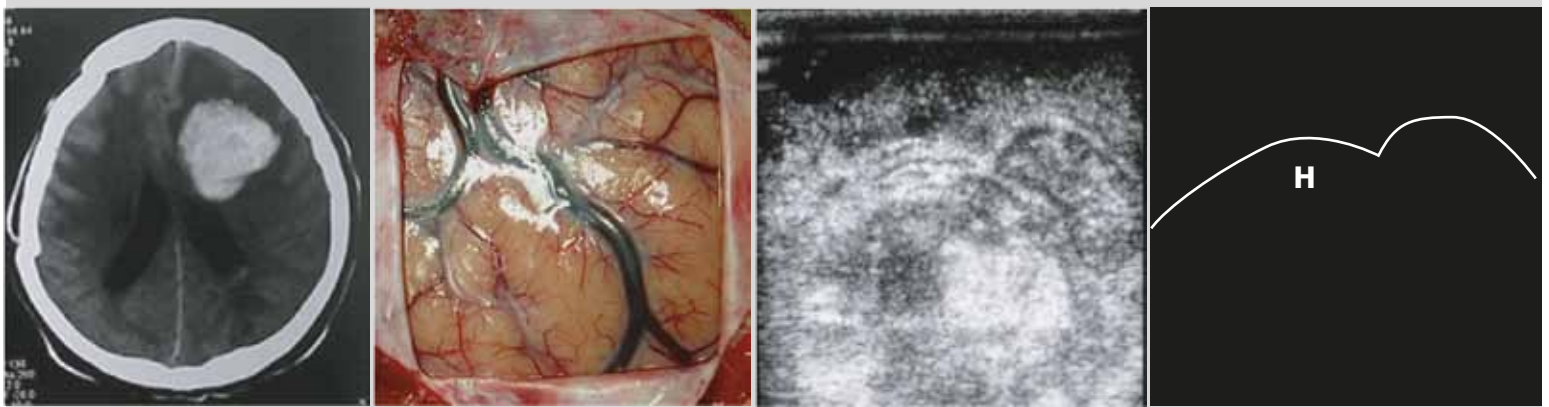
T Tumor, **Q** Quiste, **TAB** Tabicación, **FC** Folia Cerebelosa, **M** Medula (Unión Bulbo-Medular)

HEMATOMA

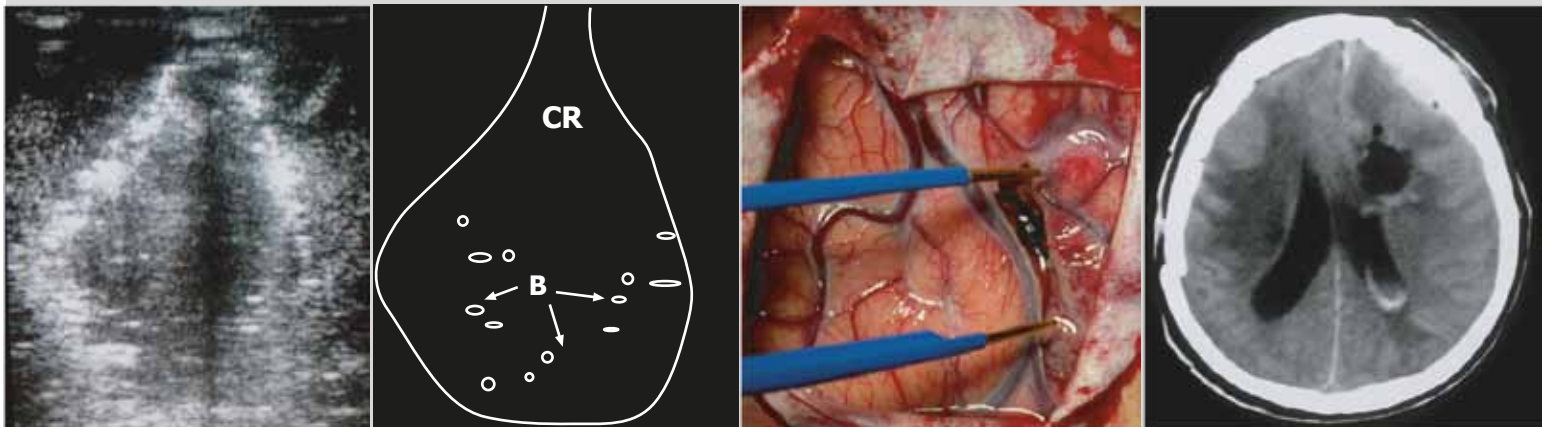
- ▶ **HEMATOMA INTRACEREBRAL,**
FRONTAL IZQUIERDO
- ▶ **HEMATOMA SUBDURAL**
CRONICO FRONTAL IZQUIERDO
- ▶ **HEMATOMA**
PARIETAL IZQUIERDO

HEMATOMA INTRACEREBRAL, FRONTAL IZQUIERDO

Imagen en TAC que muestra un hematoma intracerebral. Fotografía intraoperatoria en la cual se ve la corteza cerebral a tensión, producto del efecto de masa del hematoma. Imagen ultrasonográfica intraoperatoria del hematoma. Ultrasonido intraoperatorio post evacuación que muestra la cavidad vacía. Fotografía intraoperatoria al final de la evacuación del coagulo la cual muestra la corteza cerebral más "relajada" y el acceso trans-surcal que se efectuó para la evacuación. TAC cerebral control post operatorio.



H Hematoma



CR Cavidad de Resección, **B** Burbujas

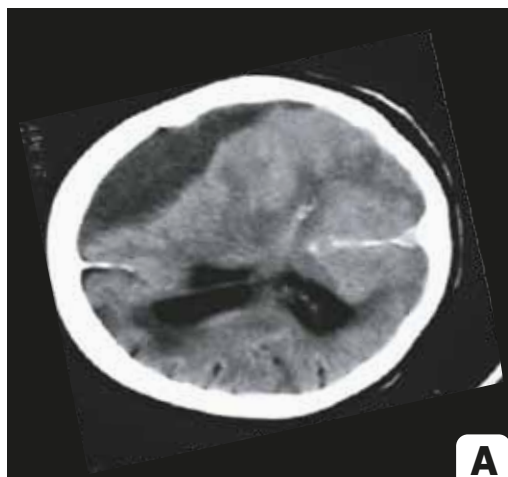
Fin de la cirugía

TAC control

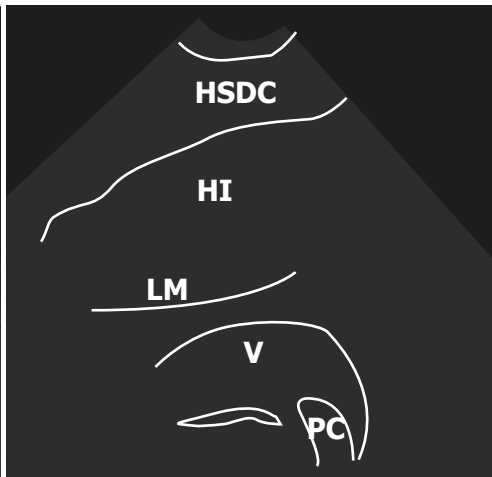
HEMATOMA SUBDURAL CRONICO FRONTAL IZQUIERDO

Imagen en TAC la cual ha sido angulada para coincidir con la imagen ultrasonográfica intraoperatoria. Imagen ultrasonográfica que muestra el efecto de masa ocasionado en el hemisferio izquierdo por el hematoma, acá se logra distinguir la línea media y el ventrículo contralateral. Abajo; Esquematisaciones de la angulación del transductor en base a las imágenes radiológicas A y B. RM coronal la cual ha sido angulada para coincidir con la imagen ultrasonográfica intraoperatoria. Imagen ultrasonográfica intraoperatoria, de notar es la herniación subfalcina del ventrículo izquierdo.

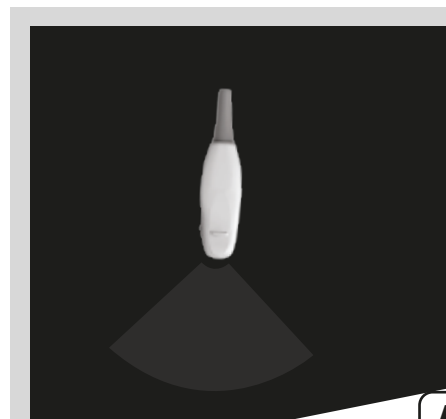
Página siguiente las imágenes subsecuentes son demostrativas del efecto de profundidad que el transductor es capaz de entregar.



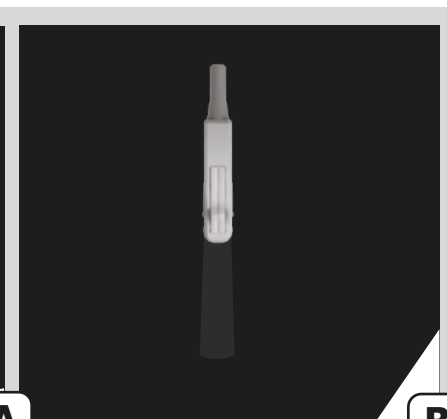
A



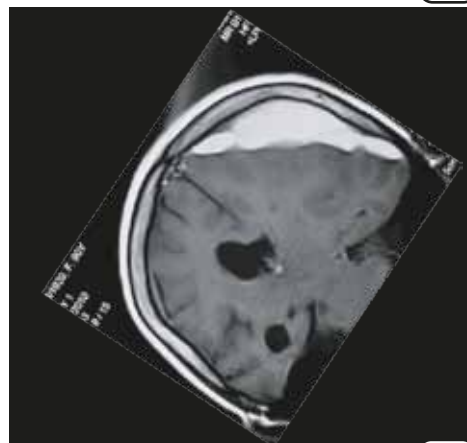
HSDC Hematoma Subdural Crónico, **HI** Hemisferio Izquierdo, **V** Ventrículo, **PC** Plexo Coroideo, **LM** Línea Media



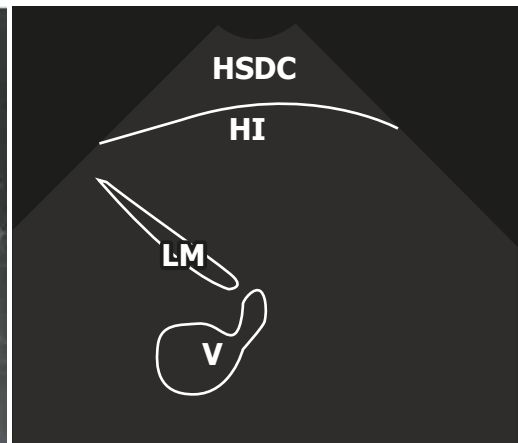
A



B

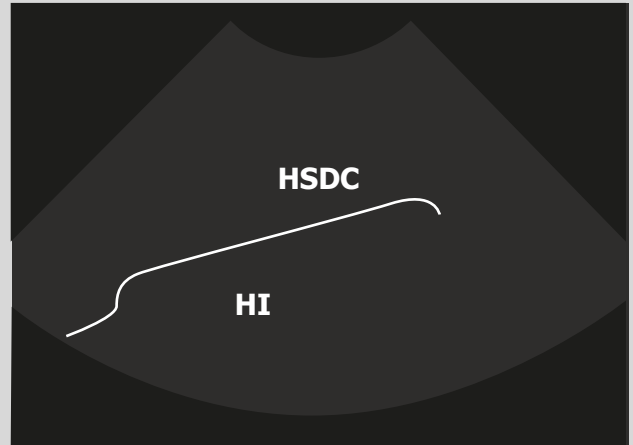
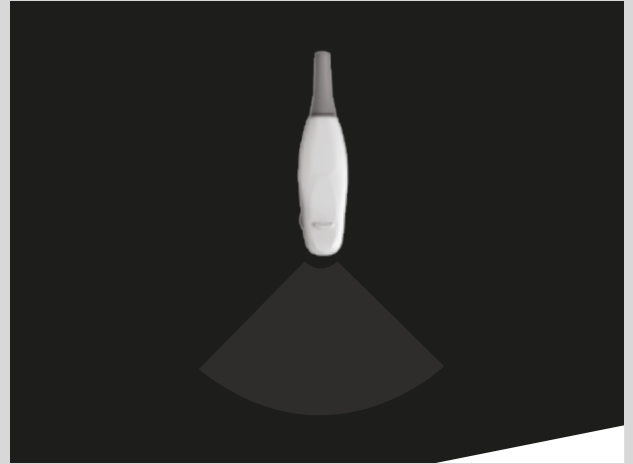
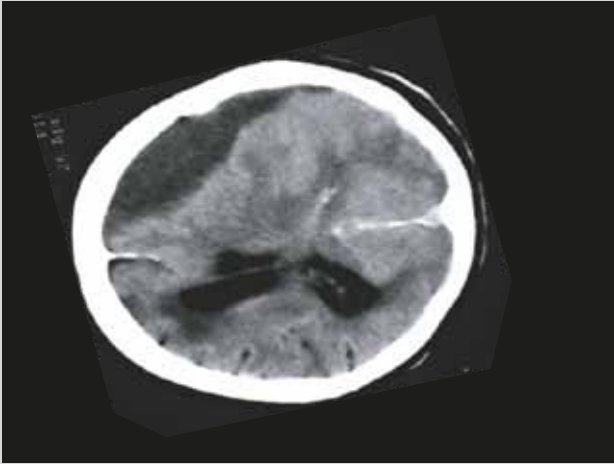


B

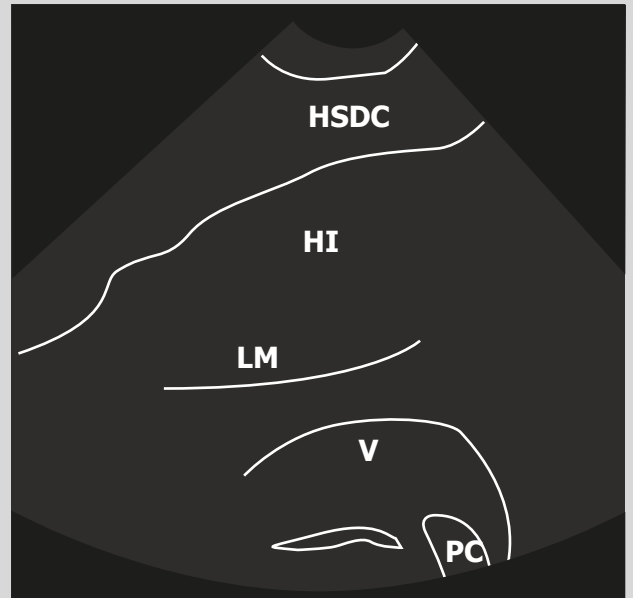


HSDC Hematoma Subdural Crónico, **HI** Hemisferio Izquierdo, **V** Ventrículo, **PC** Plexo Coroideo, **LM** Línea Media

las imágenes subsecuentes son demostrativas del efecto de profundidad que el transductor es capaz de entregar.



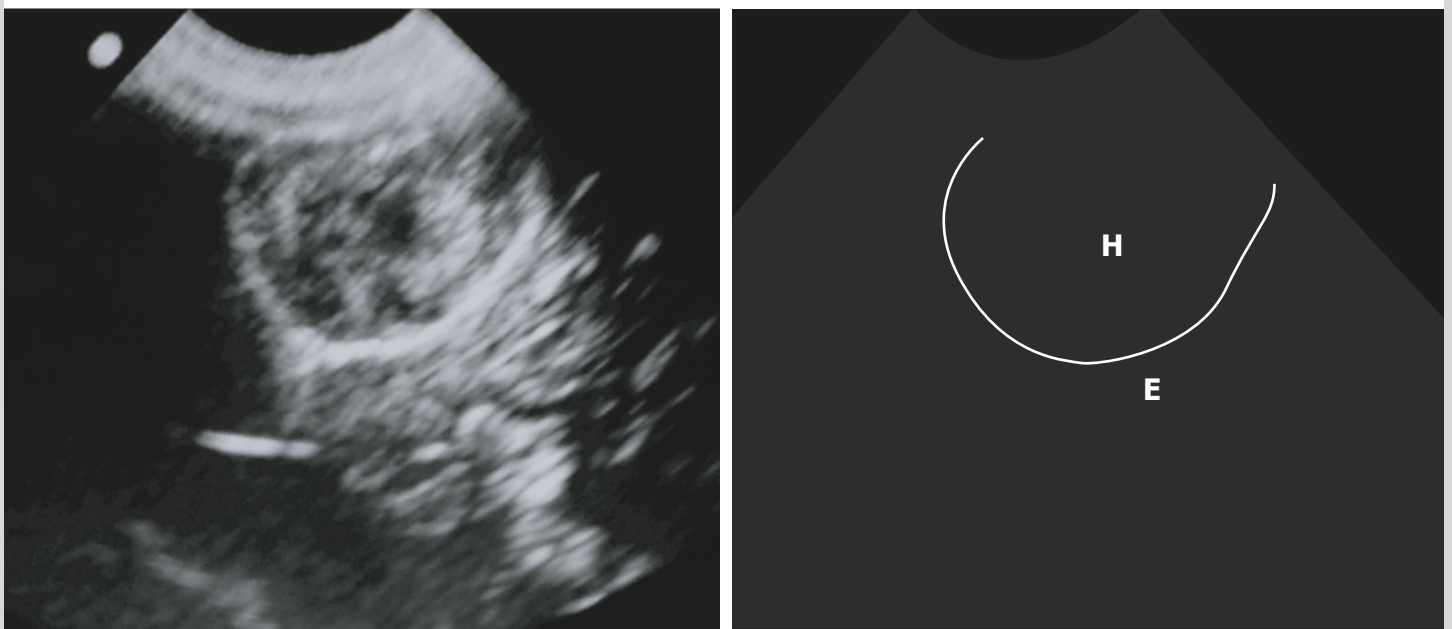
HSDC Hematoma Subdural Crónico, **HI** Hemisferio Izquierdo



HSDC Hematoma Subdural Crónico, **HI** Hemisferio Izquierdo, **V** Ventrículo, **PC** Plexo Coroideo, **LM** Línea Media

HEMATOMA PARIETAL IZQUIERDO

Fotografías intraoperatorias de la corteza cerebral antes de la incisión transsural y al localizar el hematoma, es de notar la reacción aracnoidal inflamatoria. TAC cerebral que muestra hematoma en etapa subaguda, RM funcional muestra la relación de la lesión en cuanto a la banda motora se refiere. Abajo vista ultrasonográfica del hematoma y el edema perilesional asociado.



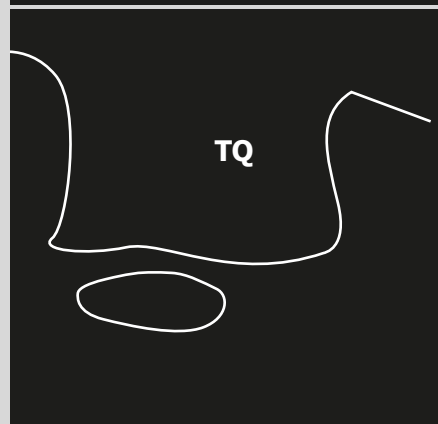
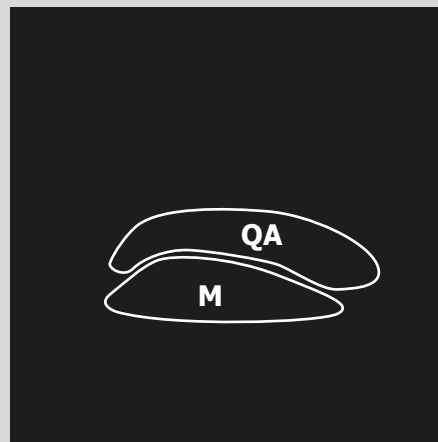
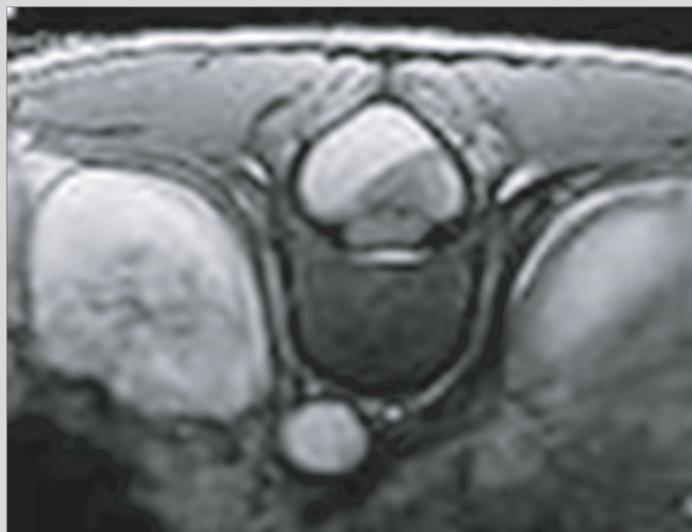
H Hematoma, E Edema

OTRAS AREAS

- ▶ **QUISTE ARACNOIDEO**
DEL CANAL RAQUIDEO
 - ▶ **UNION BULBOMEDULAR**
-

QUISTE ARACNOIDEO DEL CANAL RAQUIDEO

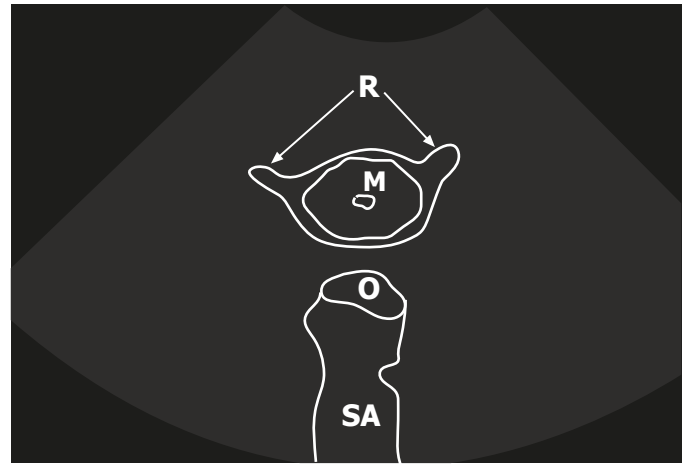
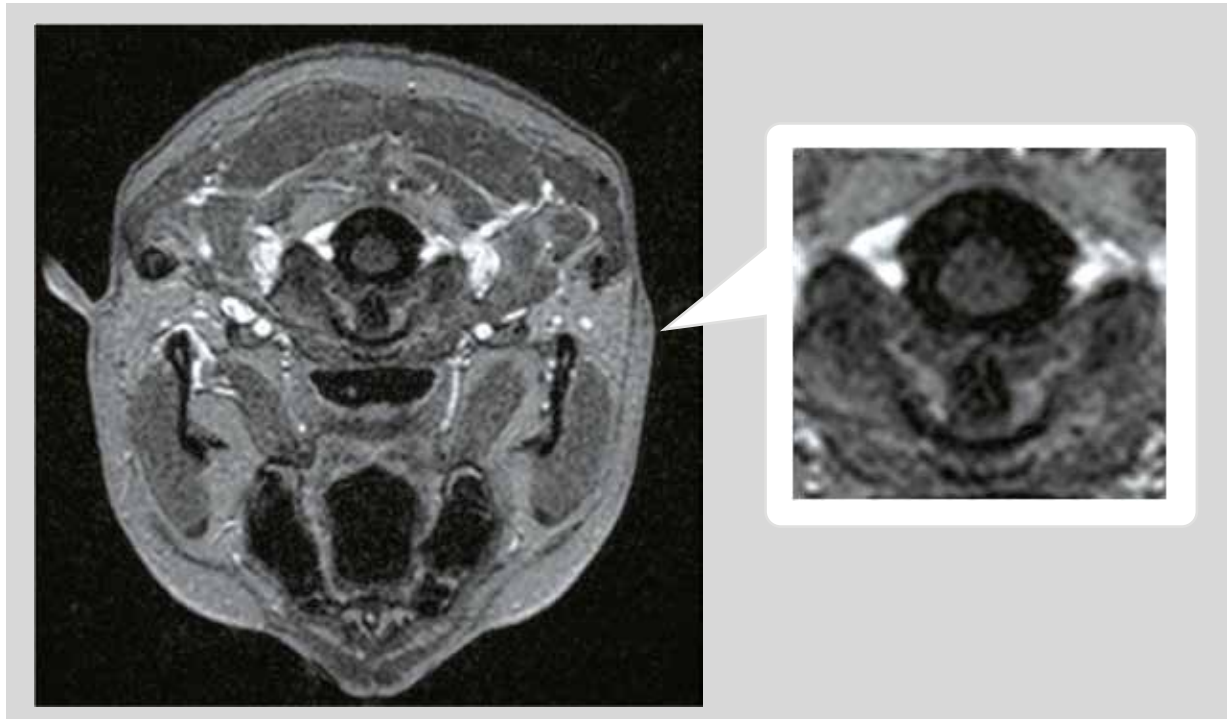
Corte sagital y axial de RM toracolumbar en la región de interés que ha sido angulada para coincidir con la imagen ultrasonográfica. Imagen ultrasonográfica que muestra el quiste aracnoideo y el efecto de masa sobre la medula. Nueva imagen ultrasonográfica post resección del quiste aracnoidal en donde se puede constatar la re-expansión de la medula.



M Medula, **QA** Quiste Aracnoidal, **TQ** Trayecto quirúrgico

UNION BULBOMEDULAR

RM y su respectivo acercamiento la cual ha sido angulada para coincidir con la imagen ultrasonográfica intraoperatoria. Imagen ultrasonográfica que muestra la medula, por debajo de la unión bulbo-medular, de notar es el canal endimario, raíces emergentes y la sombra acústica que ocasiona el odontoides.



R Raíces, M Medula, O Odontoides, SA Sombra Acústica

página en blanco

página en blanco



ULTRASONOGRAFÍA
INTRAOPERATORIA DEL
SISTEMA NERVIOSO
CENTRAL