

Neuronavegación en Tumores de Fosa Posterior en Pediatría

Carlos J Valencia Calderón, MD PhD¹; Ana Isabel Calderón-Valdiviezo, MD, MPH²; Julio Quispe Alcocer, MD¹; Rodolfo Bernal-Carrillo, MD¹; Jesús Castro-Viteri, MD¹; Catalina Vásquez-Hahn, MD³

Resumen

Introducción. Los tumores primarios del sistema nervioso central constituyen alrededor del 2% total de las neoplasias en adultos y 20% del total de neoplasias en niños. Los tumores de la fosa posterior representan, en la población pediátrica, el 48% del total, por lo tanto son la primera causa de malignidad de órganos sólidos en edad pediátrica. En nuestro medio, la utilización de la neuronavegación en la exéresis de tumores de fosa posterior en la población pediátrica aún no ha sido adecuadamente estandarizada. **Materiales y Métodos.** Estudio observacional retrospectivo desde enero 2014 hasta mayo 2016 en el que se revisaron los datos de los pacientes con tumores de fosa posterior atendidos en nuestro servicio. Se incluyeron a 20 pacientes con diagnóstico de lesión ocupante de espacio de fosa posterior. **Resultados.** La relación hombre: mujer fue de 1:1. La edad promedio fue de 4 años y 4 meses. El grado de precisión de la neuronavegación intraoperatoria previa a la craneotomía tuvo un margen de error promedio menor de 1,5 milímetros, variando desde 1 a 3 milímetros. **Conclusiones.** El uso de la neuronavegación permite realizar una cirugía de precisión, reduce los riesgos asociados a la intervención y acorta los tiempos quirúrgicos. La navegación constituye una herramienta útil para aumentar la supervivencia en pacientes pediátricos oncológicos al facilitar el mayor porcentaje de resección tumoral.

Palabras claves: Neuronavegación. Planificación quirúrgica. Tumores de fosa posterior.

Abstract

Introduction. Primary tumors of the central nervous system represent about 2% of the total of the neoplasms in adults and 20% of total neoplasms in children. Posterior fossa tumors represent 48% of pediatric population and are the first cause of malignancy of solid organs in the pediatric age. In our environment, the use of neuronavigation in the excision of posterior fossa tumors in pediatric population has not yet been adequately standardized. **Materials and methods.** A retrospective observational study from January 2014 to May 2016 of patients diagnosed with posterior fossa tumors is reviewed. We included 20 patients with diagnosis of space-occupying lesion in posterior fossa. **Results.** The relationship man: woman was 1:1. The average age was 4 years and 4 months. The degree of precision of the intraoperative neuronavigation prior to craniotomy had an average error margin less than 1.5 millimeters, varying from 1 to 3 millimeters. **Conclusions.** Neuronavigation is useful in performing a precise surgery, reducing risks associated with the intervention and shortening the surgical times. Because of greater tumor resecting, neuronavigation is useful in increasing survival of oncologic pediatric patients.

Keywords: Neuronavigation. Surgical planning. Posterior fossa tumors.

Rev. Ecuat. Neurol. Vol. 24, N° 1-3, 2015

Introducción

Los tumores primarios del sistema nervioso central constituyen alrededor del 2% total de las neoplasias en adultos y 20% del total de neoplasias en niños, y constituyen, después de las leucemias, la segunda causa de cáncer infantil más frecuente.¹ Los tumores de la fosa posterior representan, en la población pediátrica, el 48% del total, por lo tanto son la primera causa de malignidad de órganos sólidos en edad pediátrica,² constituyéndose así

en una patología relevante por sus efectos sobre la salud pública. Los tumores de fosa posterior pueden presentar una diversidad de signos y síntomas dependiendo de su estirpe y ubicación, entre los más frecuentes se encuentran: hidrocefalia, déficit de pares craneales, signos piramidales, ataxia, disdiadococinesia, convulsiones, entre otros. La supervivencia de los pacientes dependerá del grado y tipo histológico; así, encontramos astrocitoma, meduloblastoma, ependimoma y glioma de tallo cerebral.

¹Servicio de Neurocirugía

²Servicio de Neurología

³Gerencia Regional
Hospital Pediátrico Baca Ortiz
Quito, Ecuador

Correspondencia:

Dr. Carlos J Valencia Calderón, MD PhD
Hospital Pediátrico Baca Ortiz.
Universidad Internacional del Ecuador
E-mail: carlos.valencia@sen.es
Tel: 00593-2327-1102

En la última década, el pronóstico ha mejorado gracias a un diagnóstico más temprano, la evolución de los tratamientos citotóxicos y técnicas quirúrgicas, y a la aparición de sistemas navegación intraoperatorios que facilitan tanto la interpretación de los hallazgos radiológicos, como la exéresis del tumor.²⁻⁴ La serie de pacientes que presentamos fue evaluada con soporte de un sistema de navegación intraoperatoria o neuronavegador. La neuronavegación consiste en una sofisticada tecnología informática que tiene como soporte físico un potente ordenador que incluye un software específico que procesa las imágenes neurorradiológicas digitalizadas (proceso denominado planificación) y las interacciona y empareja punto por punto con las estructuras anatómicas reales obteniendo un mapa neuroanatómico en 3D a través de un proceso llamado registro.^{3,4} La precisión y la seguridad a la hora de localizar la lesión, la elección de la mejor ruta a seguir para abordarla sin dañar otros tejidos adyacentes y la extirpación radical de la misma son algunas de las principales ventajas de esta técnica.^{5,6} Sus principales inconvenientes son el posible movimiento del paciente o del sistema y, el desplazamiento de las estructuras anatómicas (por edema cerebral, o al realizarse la descompresión de las mismas tras salida de líquido cefalorraquídeo). El error de cálculo que resulta del desplazamiento de las estructuras intracraneales puede corregirse con la adquisición de sucesivas imágenes mediante un equipo de TC o RM intraoperatorio, compatible con los equipos de neuronavegación y que permiten continuar con la navegación en tiempo real.⁷ En nuestro medio, la utilización de la neuronavegación en la exéresis de tumores de fosa posterior en la población pediátrica aún no ha sido adecuadamente estandarizada. En el presente trabajo se analiza la utilidad de la neuronavegación y su incidencia en los resultados quirúrgicos de las cirugías de los tumores de fosa posterior en edad pediátrica.

Materiales y Métodos

Estudio observacional retrospectivo desde Enero del 2014 hasta Mayo del 2016 en el que se revisaron los datos de los pacientes con tumores de fosa posterior atendidos en nuestro servicio (20 pacientes). El trabajo se realizó en una provincia andina de Ecuador con una población de 2.576.287 habitantes que cuenta con un solo hospital pediátrico de tercer nivel, que es un centro de referencia para 723.073 habitantes menores de 15 años, además de los pacientes que son derivados desde otras regiones del país. Se incluyeron a los pacientes con diagnóstico de lesión ocupante de espacio de fosa posterior, cuyo diagnóstico de egreso fue tumor de fosa posterior. Antes de cada decisión terapéutica, todos los pacientes fueron evaluados por un comité multidisciplinario, integrado por cuatro neurorrijanos, un oncólogo, una pediatra y una neurorradióloga. Durante las reuniones del comité se verificó la situa-

ción clínica de los pacientes, los estudios de neuroimagen, la posible contraindicación quirúrgica y los criterios de indicación de cirugía resectiva. Así mismo, los familiares fueron informados acerca de las recomendaciones emitidas tras la reunión del comité multidisciplinario y se obtuvo el consentimiento informado para la cirugía y para la adquisición de imágenes aunque no se identificasen los rostros de los pacientes. Tecnología utilizada: El estudio de resonancia magnética (RM) cerebral, que se realizó con un equipo de 3,0 Teslas de marca Phillips, siguió un protocolo que incluía secuencias volumétricas en T1, secuencias T2 y FLAIR, tractografía y espectroscopía multivoxel; angio-RM arterial y venosa. Las imágenes fueron adquiridas en formato DICOM y posteriormente migradas a una estación de trabajo de neuronavegación donde se planificó el procedimiento (figuras 1 y 2). Utilizamos un neuronavegador

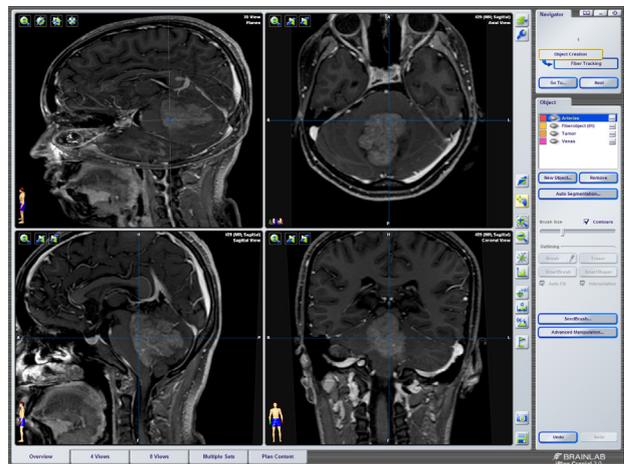


Figura 1. Resonancia magnética de un paciente que evidencia una voluminosa lesión tumoral que emerge del suelo del cuarto ventrículo. Llama la atención que a pesar de ocasionar un colapso del acueducto de Silvio no se observe una significativa dilatación ventricular.

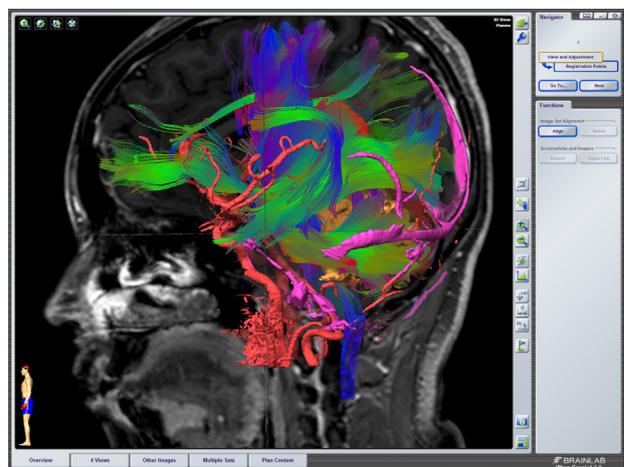


Figura 2. El mismo caso de la figura 1, en el que se han superpuesto y fusionado a un estudio 3D en secuencia T1 las reconstrucciones de una tractografía, de la angio-RM arterial (vasos rojos) y la angio-RM venosa (vasos en color violeta). Esta imagen planificada en la estación de trabajo, permite al cirujano ubicar estereoscópicamente la lesión tumoral (en color marrón claro), en el centro de las estructuras anatómicas mencionadas.

conformado por: Una estación de trabajo BrainLab Z800, con un programa iPlan versión 3,05, donde se cargaron las imágenes adquiridas en la RM, se visualizaron, analizaron y se crearon objetos; así mismo, se reconstruyó la tractografía y se planificaron las trayectorias que se seguirían durante la cirugía. Fusionamos todas las imágenes en las que se realizó una estructura anatómica determinada. Un sistema BrainLab Curve con pantalla dual, donde se cargó la planificación realizada en la estación de trabajo, y que permitió registrar, mediante cámara de infrarrojos, la anatomía facial y craneal del paciente ya anestesiado y fijado en el craneostato (el de nuestro centro es un Mayfield Modified Skull) y aparearla con las imágenes planificadas en la estación de trabajo.

Técnica quirúrgica

En todos los procedimientos los pacientes fueron inducidos anestésicamente en posición supina, para luego situarlos en decúbito prono, con la cabeza flexionada y fijada al craneostato que a su vez se encuentra conectado a la mesa quirúrgica. Esta posición es llamada Concorde (figura 3). En ningún paciente de nuestra serie utilizamos la posición Fowler (sentado). Tras la preparación del campo quirúrgico e infiltración de la piel y tejido subcutáneo con lidocaína con adrenalina al 1%, a nivel suboccipital se practicó una incisión en “Y” con base cefálica. La precisión del procedimiento de neuronavegación (medida en milímetros) fue evaluada colocando el puntero (herramienta estéril del neuronavegador) en el Inion expuesto una vez levantado el colgajo de piel (figuras 4). Seguidamente se realizó una craneotomía suboccipital medial, aunque con cierta inclinación al lado del mayor volumen de la lesión; el neuronavegador permitió prever la posición de los senos transversos por lo que se agilizó la craneotomía (figura 5). La disección progresiva de las capas de pia y aracnoides condujo a la identificación consecutiva de las principales estructuras vasculares a tener en cuenta en este abordaje. Una vez identificado la lesión,



Figura 3. Paciente en posición decúbito prono o Concorde, con la cabeza fijada al cabezal de Mayfield. El cirujano se encuentra en proceso de registro con un puntero que emite una luz infrarroja que captará la cámara que aparece en la parte superior de la figura.

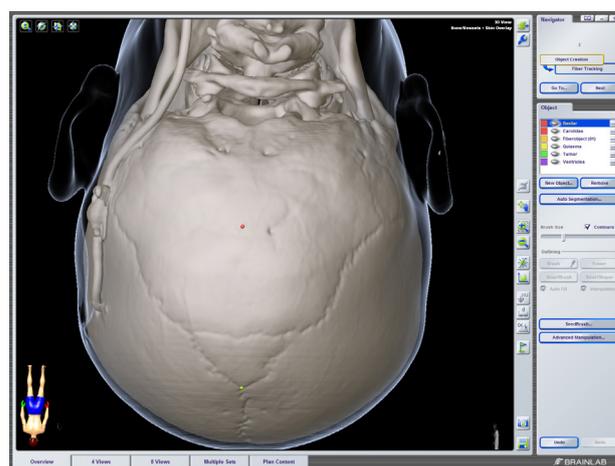
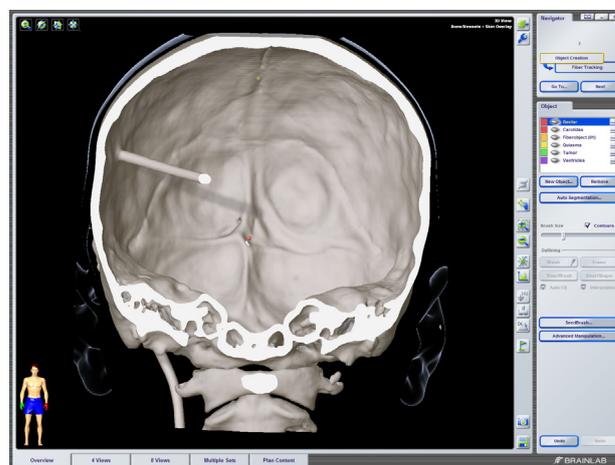


Figura 4. Panel 4a. Imagen tridimensional, de un paciente de 6 años con un tumor de fosa posterior, portador de un sistema de derivación ventriculoperitoneal, obtenida durante la planificación prequirúrgica, en la que se marcan diferentes puntos craneométricos (Inion con un punto rojo y Lambda con un punto amarillo). Una vez realizado el levantamiento del colgajo del cuero cabelludo se evalúa la precisión de navegación intraoperatoria colocando un puntero estéril sobre el inion y del paciente y se lo correlaciona con la marcación que se observa en la pantalla del navegador. Panel 4b. Vista interna de la fosa posterior en la que se observa el catéter ventricular amputado, y el punto rojo a nivel de la Tórula o Prensa de Herófilo. Panel 4c. Igual imagen que la del panel 4a pero en la posición en la que el cirujano la visualiza en el campo operatorio.

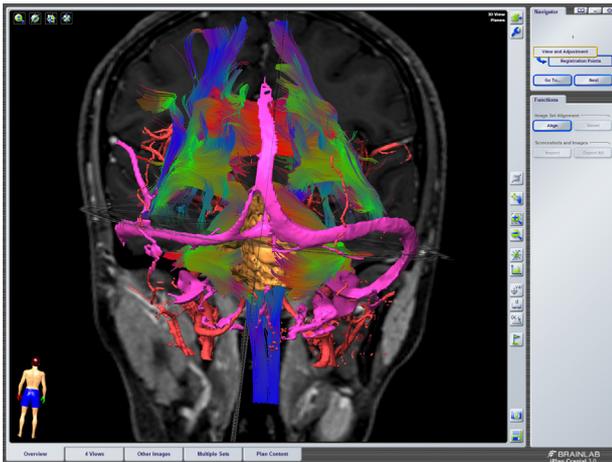


Figura 5. Imagen tridimensional obtenida durante la planificación prequirúrgica, en la que se han fusionado las imágenes de tractografía (cuerpo calloso en rojo, vía corticoespal en azul), la angioRM arterial (polígono de Willis en rojo), la angioRM venosa (senos venosos en lila) y una lesión tumoral en marrón.

se procedió a su resección hasta alcanzar un plano que podamos considerar libre de invasión o infiltración tumoral. Por su diseño observacional, este estudio carece de limitaciones éticas respecto a las indicaciones del tratamiento; sin embargo, para la recolección de los datos se obtuvo el consentimiento informado por parte de los familiares de los pacientes.

Resultados

Un total de 20 pacientes fueron incluidos en nuestro estudio. La relación hombre:mujer en nuestra serie fue de 1:1. De acuerdo a la edad se dividieron 4 categorías: menores de 1 año, mayores de 1 año hasta los 5, de 6 años a 10 años, y mayores a 10 años. Un claro predominio fue encontrado en pacientes preescolares y escolares. La edad promedio fue de 4 años y 4 meses. El grado de precisión de la neuronavegación intraoperatoria previa a la craneotomía tuvo un margen de error promedio menor de 1,5 milímetros, variando desde 1 a 3 milímetros. Los pacientes 1, 7 y 17 de la tabla 1, no fueron intervenidos por indicación del comité multidisciplinar debido a una importante lesión tumoral dentro del tronco cerebral y fueron derivados a manejo radioterapéutico con la sospecha clínica radiológica de glioma de tronco (tabla 1). El paciente que mostramos en las figuras 6 a 8 es un ejemplo de la utilidad de la neuronavegación en la selección del mejor tratamiento de tumores de fosa posterior, dado que nos permite una orientación estereoscópica de la lesión en relación con toda la cabeza, del volumen 3D del tumor en comparación con el volumen total del cerebelo, de las principales estructuras vasculares adyacentes a la lesión, y de la magnitud de los vasos intratumorales. Durante la cirugía de este paciente hubo una importante hemorragia transoperatoria que obligó a terminar el procedimiento.

Tabla 1. Tipo de Lesión

LESIÓN	SEXO	EDAD
Glioma De Tronco (Radioterapia)	Femenino	3 Años
Ependimoma	WHO II	Masculino
Astrocitoma Anaplasico	WHO III	Masculino
Meduloblastoma	WHO IV	Femenino
Meduloblastoma	WHO IV	Femenino
Meduloblastoma	WHO IV	Masculino
Glioma De Tronco (Radioterapia)	Femenino	3 Años
Astrocitoma Pilocitico	WHO I	Femenino
Meduloblastoma	WHO IV	Masculino
Astrocitoma Pilocitico	WHO I	Masculino
Meduloblastoma	WHO IV	Femenino
Meduloblastoma	WHO IV	Masculino
Meduloblastoma	WHO IV	Masculino
Astrocitoma Pilocitico	WHO I	Femenino
Astrocitoma Anaplasico	WHO III	Femenino
Ependimoma Clasico	WHO II	Masculino
Glioma De Tronco (Radioterapia)	Femenino	3 Años
Ependimoma	WHO II	Masculino
Astrocitoma Anaplasico	WHO III	Masculino
Meduloblastoma	WHO IV	Femenino

WHO: de las siglas inglesas de la Organización mundial de la Salud.

Tabla 2. Clasificación histológica de las lesiones

CLASIFICACIÓN	NÚMERO	PORCENTAJE
Glioma De Tronco (Presumible)	3	15
Ependimoma	3	15
Astrocitoma Anaplasico	3	15
Astrocitoma Pilocitico	3	15
Meduloblastoma	8	40
Total	20	100

El análisis postoperatorio mediante neuronavegación proporcionó información que nos habría ayudado a la hora de decidir si el paciente debía intervenir con o sin una embolización previa. En este caso, en concreto, la gran cantidad de vasos intratumorales, constituidos casi en su totalidad por lagos venosos dilatados, nos orientan a que debió realizarse una embolización tumoral previa a la intervención quirúrgica. No hubo complicaciones quirúrgicas intraoperatorias. La navegación agilizó el procedimiento quirúrgico en un promedio de 90 minutos en comparación tiempos quirúrgicos previos (datos no publicados). Como morbilidad asociada al procedimiento quirúrgico encontramos mutismo cerebeloso en un paciente, ventilación asistida prolongada por traqueostomía en dos pacientes, infección del sitio quirúrgico en un paciente, trastornos hidroelectrolíticos (síndrome cerebro perdedor de sal y síndrome de secreción inadecuada de hormona antidiurética) en cuatro pacientes. Un paciente falleció en la unidad de cuidados intensivos a los 7 días de la cirugía por síndrome de distrés respiratorio agudo. La histopatología de los tumores se categorizó así: 40% de meduloblastoma, 30% de astrocitomas, 15% de ependimomas y 15% de gliomas de tallo cerebral (tabla 2).

Discusión

En series internacionales el meduloblastoma consiste en el tumor de fosa posterior más frecuente en edad pediátrica, lo que coincide con la frecuencia encontrada en este estudio, 43% de los casos. La supervivencia en nuestra serie es aceptable, dado que solo un paciente falleció por-

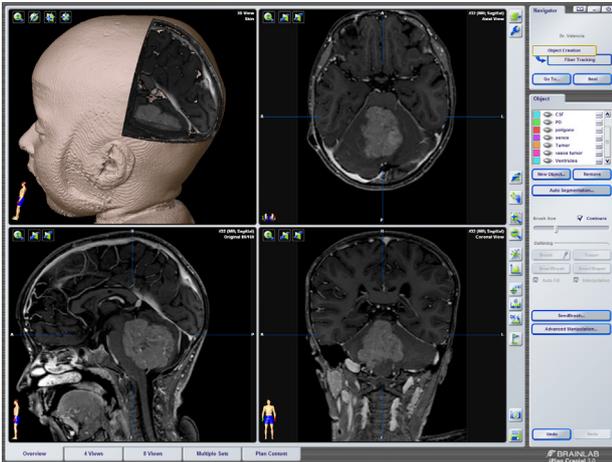


Figura 6. Estudio de RM contrastada de paciente femenina de 2 años de edad en la que se observa importante lesión tumoral hipercaptante que asienta en el suelo del IV ventrículo; las imágenes en 2D permiten evidenciar numerosos vasos intratumorales.



Figura 7. Panel a: Planificación prequirúrgica que nos permite una orientación estereoscópica de la ubicación del tumor en relación con toda la cabeza. Se realizó un estudio volumétrico de la lesión tumoral (53 cm cúbicos), que fue comparada con el volumen total del cerebello en un paciente de dos años. **Panel b:** la imagen previa procesada en formato 3D (tumor de color marrón)

complicaciones asociadas a la estancia en cuidados intensivos. No hubo complicaciones intraoperatorias derivadas del procedimiento quirúrgico. En este sentido la neuronavegación ayudó al equipo de cirujanos en prácticamente todos los casos, con excepción del paciente que mencionamos en la figura 6 y que no se trata de un problema intrínseco del procedimiento de navegación, sino de un proceso de curva de aprendizaje en el manejo del mismo. Por otra parte, las complicaciones postoperatorias observadas en nuestra serie son coincidentes en las reportadas en la literatura médica.⁷ El mutismo cerebeloso es una complicación que puede presentarse hasta en un 11% tras la cirugía de tumores de fosa posterior y que raramente se informa a los padres antes de la intervención; esto nos lleva a tener que mejorar nuestro proceso de información a los familiares en el aspecto de frecuentes e infrecuentes complicaciones postoperatorias.⁸ Las complicaciones que llevaron a traqueostomía y ventilación asistida prolongada podrían justificarse, según Lee y colaboradores en que el cerebello además de sus funciones motoras, es responsable de la respiración eupneica, sobre todo en períodos de vulnerabilidad, por ejemplo durante el sueño; el cerebello alberga núcleos de integración entre fibras autónomas con la corteza, convirtiéndose en el centro de mediación para la respuesta frente a la hipercapnia. La lesión del pedúnculo cerebeloso inferior está asociada a trastorno de la respiración durante el sueño. En nuestra serie, muchos pacientes pudieron tener comprometido el pedúnculo cerebeloso inferior por el mismo tumor o por la manipulación lesional durante la exéresis del tumor.⁹ En nuestra experiencia, el uso del neuronavegador, evita las complicaciones intraoperatorias, reduce el tiempo quirúrgico en cada cirugía y por lo tanto reduce también las listas de espera; además, el neuronavegador mejora el conocimiento anatómico del equipo de cirujanos. La utilización del neuronavegador permitió que escogieramos con una certeza del 100% el lado de abordaje más seguro, lo que evitó la reconversión del lado de la craneotomía, así como evitó lesiones de los senos transversos, sigmoideos y de la prensa de Herófilo (confluencia de los senos sagital superior, recto y transversos).¹⁰ El grado de precisión de la neuronavegación intraoperatoria mostró un margen de error menor de 1,5 milímetros, como ya lo hemos evidenciado en un estudio previo.¹¹ Esto se refiere a la exactitud en la localización de las estructuras anatómicas óseas antes de realizar la craneotomía (ejemplo: el tocar el inion “real del paciente” con un puntero de navegación, se correlacionó con la marcación del inion “digital en la pantalla” del sistema de neuronavegación (figura 4a). Una vez que se realiza la durotomía y se vacían las cisternas de la fosa posterior aumenta el grado de error en la precisión de la navegación, que en nuestra experiencia puede llegar a ser de hasta 7 milímetros, error significativo a la hora de trabajar con estructuras parenquimatosas y vasculares pequeñas y elocuentes. La

Figura 8. Panel a: Imagen tridimensional en la que la neuronavegación ha reconstruido los principales senos venosos intracraneales, el polígono de Willis y la voluminosa masa tumoral en la fosa posterior. **Panel b:** igual imagen a la anterior en la que se ha sustraído los estudios de angioresonancia, quedando solo el tumor. **Panel c:** igual imagen a la anterior en la que se ha sustraído el parénquima tumoral, evidenciándose los vasos intratumorales. **Panel d:** lagos venosos intratumorales que permiten predecir un sangrado intraoperatorio abundante, por lo que deberá indicarse embolización prequirúrgica.

resección quirúrgica completa continua siendo la primera línea de tratamiento en los tumores de cerebelo en la edad pediátrica; en el caso de los tumores de bajo grado, aun cuando se realice una resección subtotal, existe una significativa probabilidad de que el tumor permanezca estable o regresar espontáneamente.¹² De ahí la importancia de una comprensión lo más exacta posible de la anatomía patológica macroscópica individual en cada paciente, y de la planificación prequirúrgica mediante la utilización de la neuronavegación. Por otra parte, esta misma tecnología nos permitirá diferenciar con mayor exactitud entre aquellos tumores focales gliales de bajo grado - con mejor pronóstico postquirúrgico - y los tumores difusos de alto grado en los que la tasa de supervivencia trágicamente se encuentra cercana a cero, por lo que la cirugía no está indicada¹³; de ahí la indicación de realizar radioterapia a los pacientes 1, 7 y 17 de nuestra serie.

Conclusiones

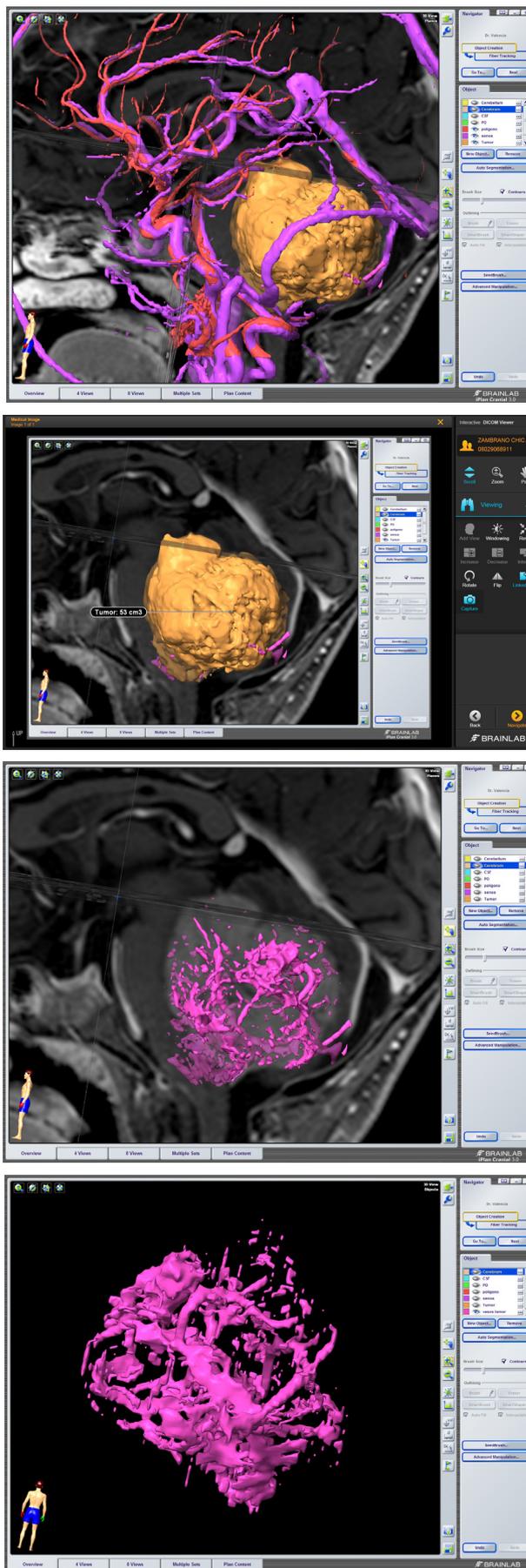
El uso de la neuronavegación permite realizar una cirugía de precisión, reduce los riesgos asociados a la intervención y acorta los tiempos quirúrgicos. La navegación constituye una herramienta útil para aumentar la supervivencia en pacientes pediátricos oncológicos al facilitar el mayor porcentaje de resección tumoral. El meduloblastoma en nuestra serie es el tumor más frecuente y concuerda con las series publicadas por otros autores.

Declaración

Todos los autores declaran que este manuscrito ha sido enviado exclusivamente a la REVISTA ECUATORIANA DE NEUROLOGIA. Nos responsabilizamos por la autoría de todo el documento, habiendo participado en el concepto, el diseño, análisis e interpretación de los datos, escritura y revisión del manuscrito. Aprobamos la versión final que enviamos a la REVISTA ECUATORIANA DE NEUROLOGIA.

Referencias

1. Cano I, Enriquez N. Posterior fossa tumors in pediatric patients and their clinical, radiological and pathological correlation. *Annals of Radiology Mex.* 2010; 4: 185-205.
2. Fernandez de Sevilla M. et al. Postoperative brain tumors in the pediatric intensive care unit. *An Pediatr (Barc).* 2009; 70 (3): 282-286.



3. Valencia C, Bernal R, Calderon A, Vasquez C. Advances in the management of neurosurgical pathology in Ecuador. *Ec Rev Neurol*. 2013; 22: 109-113.
4. Kanberoglu B, Moore N, Frakes D, Karam L, et al. Neuronavigation using three-dimensional proton magnetic resonance spectroscopy data. *Stereotact Funct Neurosurg* 2014; 92: 306-314
5. Kockro RA, R Reisch, Serra L, et al. Image-Guided Neurosurgery with 3-Dimensional Imaging Multimodal Data on Stereoscopic Monitor. *Neurosurgery* 2013; 72: A78-A88.
6. Ferroli P, Tringali G, F. Acerbi 3-Dimensional Advance planning in neurosurgery. *Neurosurgery* 2013; 72: A54-A62.
7. Zhang J, Chen X, Zhao Y, et al. Impact of intraoperative magnetic resonance imaging and functional neuronavigation on surgical outcome in Patients With gliomas Involving language areas *Neurosurg Rev*. 2015; 38: 319-30.
8. Dubey A, Sung WS, Shaya M, Patwardhan R, Willis B, Smith D, Nanda A. Complications of posterior cranial fossa surgery. An institutional experience of 500 Patients. *Surg Neurol*. 2009; 72: 369-75.
9. García-Conde M, Martín-Viota L, Febles-Garc ed P, Ravina-Cabrera J, López-cerebellar mutism Severe R. Almaraz after posterior fossa tumor resection. *An Pediatr (Barc)*. 2007; 66: 75-9.
10. Lee A, Chen ML, Abeshaus S, Poliakov A, Ojemann JG. Posterior fossa tumors and their impact on sleep and ventilatory control: a clinical perspective. *Respir Physiol Neurobiol*. 2013; 189: 261-71.
11. Valencia C, Castro A, Calderon A, Escobar R, F Parra, Quispe J, V ásquez C. Utility of neuronavigation in surgical planning callosotomy. *Neurosurgery (Astur)*. 7. August 2015 PMID: 26260206.
12. Bonfield CM, cerebellar astrocytoma Steinbok P. *Pediatric: Childs Nerv Syst* toreview. 2015; 31: 1677-85.
13. Green AL, Kieran MW. Brainstem gliomas *Pediatric: new understanding leads to potential new treatments for two very different Curr Oncol Rep* 2015 tumors. 17:436.