

# Exoscopia robótica en subependimoma intraventricular: Reporte de caso y revisión

## Robotic exoscopy in intraventricular subependimoma: Case report and review

**Marco Antonio Baralt Ramírez<sup>1</sup>, Adriel López Salazar<sup>2</sup>, Manuel Moreno<sup>3</sup>, David Ricardo Ramírez<sup>4</sup>, Ashanti Gutiérrez Quintana<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Hospital General Regional IMSS 1, Departamento de Neurocirugía, Santiago de Querétaro. Queretaro, México.

<sup>2</sup> Clínica IntegraMedica, Comuna La Florida. Santiago, Chile.

<sup>3</sup> Hospital Christus Muguerza Altagracia, Departamento de Neurocirugía, León. Guanajuato, México.

<sup>4</sup> Colegio de Ciencias y Artes, Bachiller en Ciencias de la Biología, Condado Alachua. Gainesville Florida, Estados Unidos.

<sup>5</sup> Hospital General Regional IMSS 1, Departamento de Anatomía Patológica, Santiago de Querétaro. Queretaro, México.

### Resumen

La cirugía intraventricular representa un desafío técnico debido a la profundidad de las lesiones, la limitada exposición quirúrgica y el riesgo de daño a estructuras elocuentes. En este contexto, la exoscopia robótica ha emergido como una alternativa al microscopio quirúrgico convencional, proporcionando visualización tridimensional de alta definición, mejor iluminación y ventajas ergonómicas. Se presenta el caso de un paciente con subependimomas intraventricular frontal derecho, tratado mediante un abordaje mínimamente invasivo transfrontal, transulcal microquirúrgico asistido por exoscopio robótico. La planificación preoperatoria con neuroimagen permitió definir una trayectoria segura, minimizando la disrupción cortical y subcortical. Durante el procedimiento, el exoscopio facilitó una adecuada magnificación y visualización del campo profundo, permitiendo una disección precisa y controlada. Se logró la resección completa de la lesión sin complicaciones intraoperatorias. El paciente evolucionó favorablemente en el postoperatorio, sin presentar déficit neurológico agregado. Entre las principales ventajas de la exoscopia robótica destacan la mejor ergonomía quirúrgica, la visualización compartida del campo operatorio y su integración con tecnologías digitales. Entre sus limitaciones se encuentran la curva de aprendizaje y la percepción de profundidad en etapas iniciales. Este caso demuestra la factibilidad y seguridad de la exoscopia robótica en la resección de lesiones intraventriculares, destacando su potencial en la neurocirugía mínimamente invasiva.

**Palabras clave:** Subependimoma, cirugía mínimamente invasiva, exoscopio robótico, neoplasias intraventriculares.

### Abstract

Intraventricular surgery represents a technical challenge due to the depth of the lesions, the limited surgical exposure and the risk of damage to eloquent structures. In this context, robotic exoscopy has emerged as an alternative to conventional surgical microscope, providing high-definition three-dimensional visualization, better lighting and ergonomic advantages. The case is presented of a patient with right frontal intraventricular subependimoma, treated by a minimally invasive transfrontal, transulcal microsurgical approach assisted by robotic exoscope. Preoperative planning with neuroimaging allowed the definition of a safe trajectory, minimizing cortical and subcortical disruption. During the procedure, the exoscope facilitated adequate magnification and visualization of the deep field, allowing precise and controlled dissection. Complete resection of the lesion was achieved without intraoperative complications. The patient evolved favorably in the postoperative period, without presenting an aggregate neurological deficit. Among the main advantages of robotic exoscopy are the best surgical

### Correspondencia a:

Marco Antonio Baralt Ramírez  
marccruth91@gmail.com

ergonomics, the shared visualization of the operating field and its integration with digital technologies. Among its limitations are the learning curve and the perception of depth in the early stages. This case demonstrates the feasibility and safety of robotic exoscopy in the resection of intraventricular lesions, highlighting its potential in minimally invasive neurosurgery.

**Keywords:** Subependymoma, minimally invasive surgery, robotic exoscope, intraventricular neoplasms.

## Introducción

La introducción del microscopio quirúrgico en 1957 fue un evento revolucionario, que impactó en el campo de la neurocirugía durante décadas. Como resultado, la morbilidad y la mortalidad disminuyeron, y ciertos tumores inoperables se volvieron tratables en manos experimentadas, además, el rendimiento quirúrgico intuitivo habilitado por la vista estereoscópica mejoró a medida que los microscopios quirúrgicos continuaban avanzando<sup>1</sup>. Nuevas tecnologías que incluyen neuronavegación, ultrasonido intraoperatorio, monitoreo neurofisiológico, guía exoscópica y técnicas de fluorescencia se han introducido en las últimas décadas<sup>2</sup>. Las ventajas de usar un exoscopio es la visualización del campo quirúrgico en una pantalla 3D 4K exterior, que generalmente tiene una resolución equivalente o mayor que la de un microscopio quirúrgico. La fuente de luz LED da otros complementos notables a la neurocirugía porque genera menos calor que las bombillas halógenas utilizadas en un microscopio quirúrgico, evitando lesiones térmicas a los tejidos dentro del campo quirúrgico<sup>3,4,5</sup>. Esta nueva técnica todavía está aún evolucionando, y desafía a los cirujanos experimentados en la transición de un microscopio familiar al modo visual 3D. El sistema de exoscopio RoboticScope (BHS Technologies, Innsbruck, Austria) recientemente lanzado para microneurocirugía tiene un brazo guiado por robótica, otro prototipo anterior ha mostrado similitudes con el microscopio estándar en un estudio cadavérico<sup>6</sup>. Los subependimomas son neoplasias indolentes raras que se clasifican histológicamente como de bajo grado (Organización Mundial de la Salud (OMS) grado 1<sup>7</sup> [y representan solo el 0,2%-0,7% de todos los tumores del sistema nervioso central<sup>8,9,10</sup>. Se presentan en ambos sexos y en todos los grupos de edad, pero ocurren con mayor frecuencia en individuos de mediana edad a mayores, típicamente en la

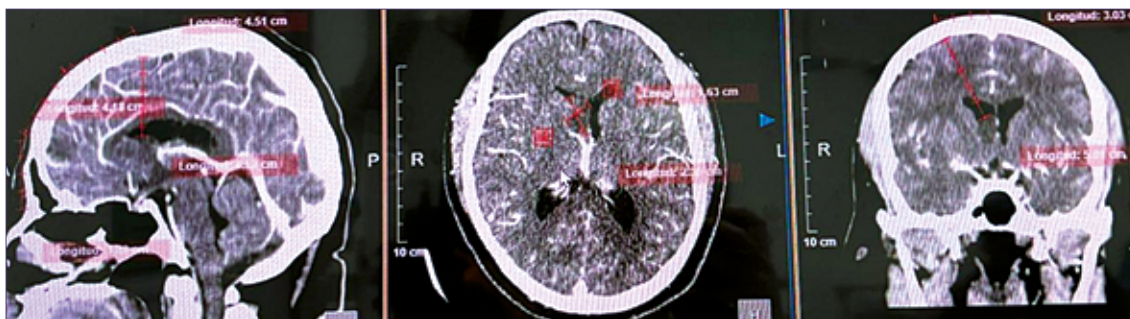
quinta y sexta década de vida. La mayoría de los casos son asintomáticos, pero los síntomas causados por hidrocefalia o hemorragia tumoral espontánea pueden ocurrir para tumores más grandes en el cuarto, lateral y tercer ventrículo, el tabique pelúcido y, con menos frecuencia, la médula espinal, siendo la cirugía resectiva la mejor opción de tratamiento como resolución total de la enfermedad<sup>11</sup>.

## Caso clínico

Paciente masculino de 47 años de edad, sin antecedentes patológicos de relevancia, con actividad laboral como chef de cocina. Inicia padecimiento actual con cefalea holocraneal de moderada intensidad, predominio matutino, de carácter opresivo y sin respuesta a analgésicos orales. No se asocia a náuseas ni vómito. Posteriormente, presenta alteración visual de carácter progresivo, caracterizada por diplopía horizontal, que se intensifica con la mirada lateral.

En la exploración neurológica se documenta: Escala de Glasgow: 15/15 puntos, Índice de Karnofsky: 100/100 puntos, pupilas isocóricas y normorreactivas. Limitación en la abducción del ojo derecho, diplopía horizontal, datos compatibles con paresia del VI par craneal derecho.

En los hallazgos de tomografía, se identifica lesión intraventricular hipodensa, homogénea, de bordes bien definidos, localizada en el cuerno frontal del ventrículo lateral derecho con extensión hacia el septum pellucidum. No presenta captación de contraste ni efecto de masa significativo. No hay datos de hidrocefalia, mientras que en resonancia magnética contrastada se corrobora lesión bien delimitada, no infiltrativa, sin realce tras la administración de contraste. No se observan cambios significativos en secuencias FLAIR ni T2. No hay evidencia de edema perilesional ni compromiso de estructuras adyacentes (Figura 1).



**Figura 1.** Visualización de lesión intraventricular en estudio de angiotomografía, sin captación de contraste, poco vascularizada, de localización en cuerno ventricular frontal derecho.

### Técnica quirúrgica

Bajo anestesia general balanceada, el paciente fue colocado en posición supina con cabeza centrada con fijación en sistema de tres puntos. Se realizó planificación con neuro-navegación para delimitar con precisión el punto de entrada cortical y la trayectoria hacia la lesión intraventricular, 12 cm del nasión y 3 cm lateral a la línea media coincidiendo con la proyección del surco frontal superior. Se efectuó una incisión cutánea lineal de aproximadamente 4 cm en región frontal derecha. Posteriormente, se realizó una craneotomía mínima de 3 cm de diámetro, centrada en el punto de entrada previamente planificado, logrando un abordaje mínimamente invasivo transfrontal transsurcal frontal superior bajo medio de magnificación con Exoscopio Robótico (Figura 2).

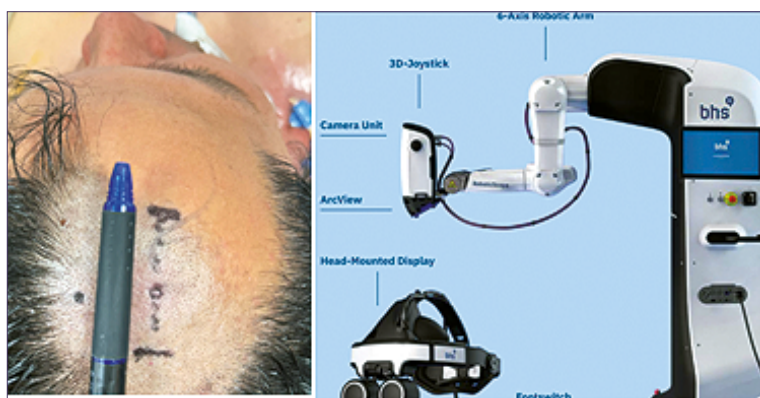
Tras la apertura dural en forma cruciforme, se procedió a la disección microquirúrgica bajo visualización de Exoscopio RobóticoScope (BHS Technologies, Innsbruck, Austria) a través del surco cortical frontal superior, respetando la anatomía

de la corteza y minimizando la retracción. Se avanzó mediante técnica parafascicular utilizando un corredor quirúrgico controlado hasta alcanzar el cuerpo del sistema ventricular.

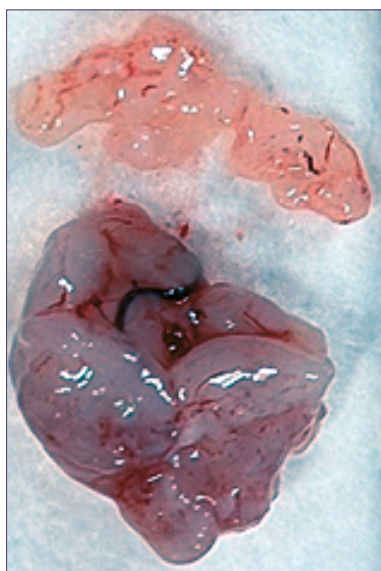
Al ingresar al ventrículo lateral derecho, se identificaron claramente las estructuras intraventriculares, destacando la pared ependimaria del cuerno frontal, de aspecto liso y brillante. Se reconoció el plexo coroideo del cuerpo ventricular, el cual sirvió como referencia anatómica clave para la orientación intraventricular y la progresión hacia la lesión.

Siguiendo esta referencia, se localizó la tumoración descrita como una masa de color blanco nacarado, de bordes lisos, bien delimitada, no infiltrante, con adecuada diferenciación respecto al parénquima circundante. La lesión se encontraba adherida al septum pellucidum, pero con adecuada movilidad que permitió su manipulación segura (Figura 3), lo cual se corroboró por estudios de microscopía electrónica en anatomía patológica (Figura 4).

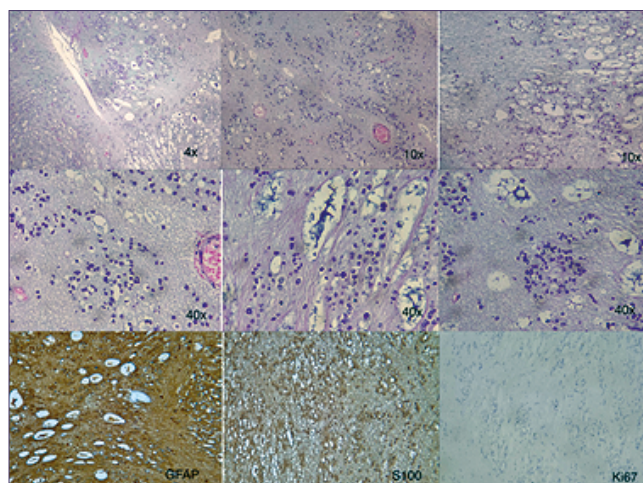
Se realizó disección circunferencial cuidadosa siempre bajo visión con exoscopio robótico RoboticScope (BHS Te-



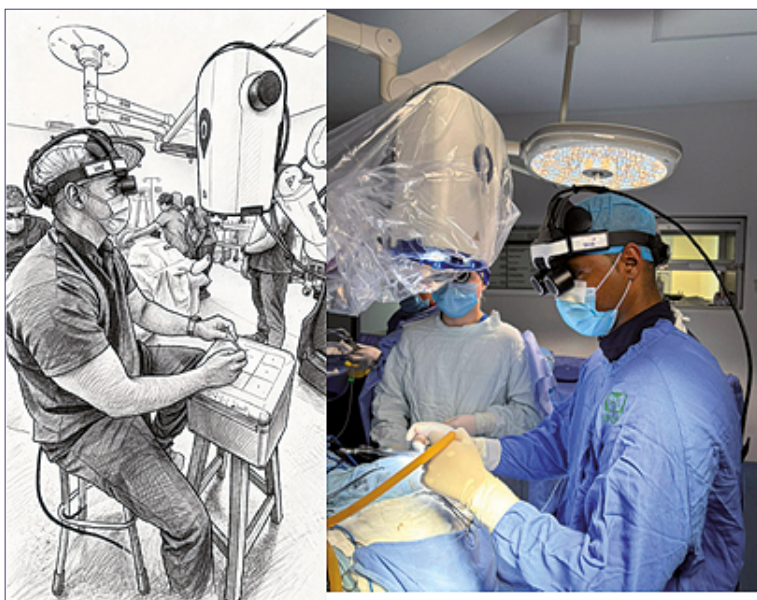
**Figura 2.** Marcación cutánea preoperatoria, se observan las referencias quirúrgicas sobre el cuero cabelludo frontal derecho, para la planificación del acceso transurcal mínimamente invasivo y foto de Exoscopio Robótico- RoboticScope (BHS Technologies, Innsbruck, Austria) que se empleó como medio de magnificación.



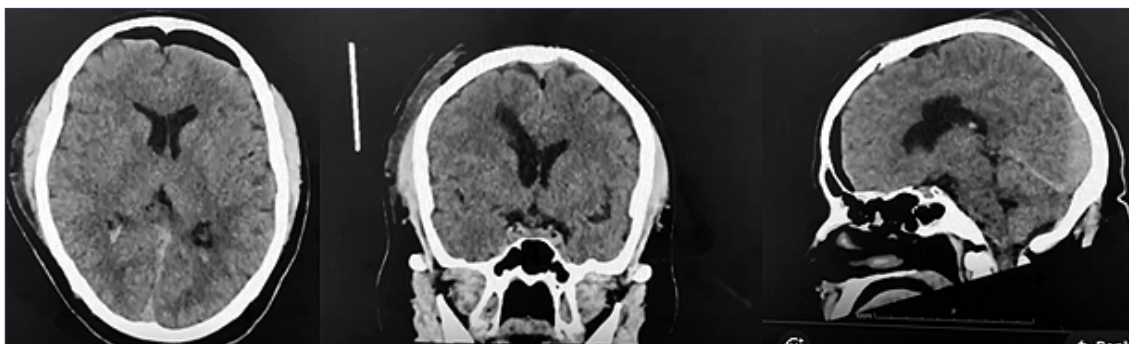
**Figura 3.** Piezas tumorales resecadas que corresponden al subependimoma intraventricular frontal derecho. Se aprecia la consistencia sólida y la vascularización superficial de la lesión, características macroscópicas consistentes con el diagnóstico anatomopatológico de subependimoma OMS Grado I.



**Figura 4.** A bajo aumento se observó una típica agrupación de núcleos redondos y pequeños en un fondo fibrilar abundante y paucicelular. Además de microquistes con contenido anfófilo-mixóide y algunos vasos sanguíneos escleróticos. En el detalle celular los núcleos son uniformes y basófilos. Las pruebas de inmunohistoquímica demostraron reactividad difusa de GFAP en el fondo fibrilar así como S100 en las agrupaciones nucleares. El Ki67 fue bajo como lo es esperado en este tipo de neoplasia.



**Figura 5.** Representación artística del uso intraoperatorio del sistema exoscópico robótico BHS. A la izquierda, el cirujano opera sentado con el head-mounted display (HMD), controlando el brazo robótico mediante el joystick 3D. A la derecha imagen en tiempo real, el campo quirúrgico con el cabezal exoscópico posicionado sobre el área de trabajo, cubierto con funda estéril.



**Figura 6.** Imágenes de tomografía control postoperatorio en cortes axiales y reconstrucciones en los planos coronal y sagital, donde se corrobora la completa resección tumoral sin daño estructural anatómico.

chnologies, Innsbruck, Austria), el cual provee de un aumento considerable del campo quirúrgico con corrección constante del foco, brillo y zoom de manera remota guiado por movimientos de la cabeza del cirujano (Figura 5), respetando las estructuras intraventriculares adyacentes. La lesión fue progresivamente movilizada y finalmente resecada en su totalidad, logrando una remoción macroscópicamente completa (Figura 6).

Durante el procedimiento, se identificaron y preservaron las estructuras anatómicas relevantes, incluyendo el agujero de Monro, el cual se encontró permeable, sin evidencia de obstrucción. No se observaron sangrados significativos ni complicaciones intraoperatorias.

### Discusion

La exoscopia, una técnica más reciente introducida en los últimos años, involucra a los cirujanos que usan gafas especiales y eliminan el tumor mientras ven un monitor tridimensional. Este enfoque reduce la fatiga del cirujano y permite un posicionamiento más natural durante largas cirugías de

tumores cerebrales<sup>12</sup>.

El abordaje de las lesiones intraventriculares ha evolucionado de manera significativa en las últimas décadas, transitando desde técnicas abiertas convencionales hacia estrategias mínimamente invasivas que buscan maximizar la resección tumoral con la menor morbilidad posible<sup>13,14</sup>. En este contexto, el presente caso ilustra la aplicabilidad del abordaje transural parafascicular asistido por exoscopia robótica en el tratamiento de tumores intraventriculares de bajo grado.

Tradicionalmente, los abordajes transcallosos o transcorticales amplios se han asociado con un mayor riesgo de lesión de estructuras elocuentes, crisis convulsivas, déficits neurocognitivos y complicaciones relacionadas con la retracción cerebral<sup>15,16</sup>. En contraste, los abordajes mínimamente invasivos transurales permiten aprovechar corredores anatómicos naturales, disminuyendo la disrupción cortical y subcortical, así como el daño a las fibras de sustancia blanca<sup>17,18</sup>.

En este caso, la elección de un trayecto transfrontal transural frontal superior permitió un acceso directo al cuerno frontal del ventrículo lateral, optimizando la trayectoria quirúrgica y reduciendo la manipulación del parénquima cerebral. El

uso de sistemas de magnificación quirúrgica con Exoscopio Robótico y la planificación con neuronavegación contribuyen a mantener un corredor estable y seguro durante todo el procedimiento<sup>17</sup>.

Un elemento distintivo de este abordaje fue la utilización de un exoscopio robótico, tecnología que ha cobrado creciente relevancia en neurocirugía. A diferencia del microscopio quirúrgico convencional, el exoscopio ofrece ventajas importantes como mejor ergonomía, visualización en alta definición, mayor libertad de movimiento y mejor integración del equipo quirúrgico<sup>19,20</sup>. Estas características resultan especialmente útiles en abordajes mínimamente invasivos, donde el campo quirúrgico es limitado y la precisión es fundamental.

Desde el punto de vista oncológico, los subependimomas son tumores benignos, bien delimitados y de crecimiento lento, lo que los convierte en candidatos ideales para resecciones completas mediante técnicas mínimamente invasivas<sup>9,10</sup>. La adecuada delimitación observada intraoperatoriamente facilitó su movilización y resección total sin necesidad de ampliar el abordaje.

Es importante destacar que, si bien estas técnicas ofrecen múltiples beneficios, requieren una curva de aprendizaje adecuada y una correcta selección de casos. Factores como el tamaño tumoral, la localización, la relación con estructuras críticas y la experiencia del equipo quirúrgico deben ser cuidadosamente considerados<sup>18,20</sup>.

En conclusión, el abordaje mínimamente invasivo transural parafascicular asistido por exoscopio robótico representa una alternativa segura y eficaz para el tratamiento de lesiones intraventriculares seleccionadas, permitiendo reducir la morbilidad quirúrgica y mantener altos estándares de resección tumoral<sup>17-20</sup>.

## Referencias

- Kutluay U, Gregory CK, Mustafa KB. Operating microscopes: past, present, and future. *Neurosurg Focus*. 2009;27:E4. doi:10.3171/2009.6.FOCUS09120
- Garufi G, Conti A, Chaurasia B, Cardali SM. Exoscopic versus microscopic surgery in 5-ALA-guided resection of high-grade gliomas. *J Clin Med*. 2024;13(12):3493. doi:10.3390/jcm13123493
- Fiani B, Jarrar R, Griep DW, Adukuzhiyil J. The role of 3D exoscope systems in neurosurgery: an optical innovation. *Cureus*. 2021;13:e15878.
- Hafez A, Haeren RHL, Dillmann J, Laakso A, Niemela M, Lehecka M. Comparison of operating microscope and exoscope in a highly challenging experimental setting. *World Neurosurg*. 2021;147:e468-e475.
- Montemurro N, Scerrati A, Ricciardi L, Trevisi G. The exoscope in neurosurgery: an overview of the current literature of intraoperative use in brain and spine surgery. *J Clin Med*. 2021;11:223.
- Herlan S, Marquardt JS, Hirt B, Tatagiba M, Ebner FH. 3D exoscope system in neurosurgery: comparison of a standard operating microscope with a new 3D exoscope in the cadaver lab. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*. 2019;17:518-524. doi:10.1093/ons/ops081
- Louis DN, Ohgaki H, Wiestler OD, Cavenee WK. WHO classification of tumours of the central nervous system. 4th ed. Geneva: WHO Press; 2016.
- Jain A, Amin AG, Jain P, et al. Subependymoma: clinical features and surgical outcomes. *Neurol Res*. 2012;34(7):677-684.
- Ragel BT, Osborn AG, Whang K, Townsend JJ, Jensen RL, Couldwell WT. Subependymomas: an analysis of clinical and imaging features. *Neurosurgery*. 2006;58(5):881-890.
- Scheithauer BW. Symptomatic subependymoma: report of 21 cases with review of the literature. *J Neurosurg*. 1978;49(5):689-696.
- Koral K, Kedzierski R, Gimi B, Gomez A, Rollins N. Subependymoma of the cerebellopontine angle and prepontine cistern in a 15-year-old adolescent boy. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2008;29(1):190-191.
- Sasagawa Y, Tanaka S, Kinoshita M, Nakada M. Endoscopic and exoscopic surgery for brain tumors. *Int J Clin Oncol*. 2024;29(10):1399-1406. doi:10.1007/s10147-024-02529-9
- Yaşargil MG. *Microneurosurgery*. Vol 1. Stuttgart: Thieme; 1984.
- Apuzzo MLJ. *Brain surgery: complication avoidance and management*. New York: Churchill Livingstone; 1993.
- Hernesniemi J, Leivo S. Management outcome in third ventricular colloid cysts in a defined population: a series of 40 patients. *Neurosurgery*. 1996;38(2):307-313.
- Pollock BE, Huston J. Natural history of asymptomatic colloid cysts of the third ventricle. *J Neurosurg*. 1999;91(3):364-369.
- Rangel-Castilla L, Spetzler RF. The 6 pillars of modern neurosurgery: the evolution of minimally invasive approaches. *World Neurosurg*. 2015;84(6):1774-1778.
- Labib MA, Shah M, Kassam AB, et al. The safety and feasibility of image-guided tubular retractor systems for deep-seated brain lesions. *Neurosurgery*. 2017;80(3):417-426.
- Ricciardi L, Chaichana KL, Cardia A, et al. The exoscope in neurosurgery: an innovative "point of view". *World Neurosurg*. 2019;124:136-143.
- Mamelak AN, Nobuto T, Berci G. Initial clinical experience with a high-definition exoscope system for microneurosurgery. *Neurosurgery*. 2010;67(2):476-483.