

---

ARTÍCULO ORIGINAL

**ACTUALIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA DE CIRUGÍA  
ESTEREOTÁCTICA ENTRE LOS AÑOS 2000 Y 2022  
EN EL HOSPITAL MILITAR CENTRAL, BOGOTÁ,  
COLOMBIA**

**ESTEROTHATIC SURGERY EXPERIENCE  
ACTUALIZATION BETWEEN 2000 AND 2022 IN  
CENTRAL MILITAR HOSPITAL, BOGOTÁ  
CCOLOMBIA**

**ATUALIZAÇÃO DA EXPERIÊNCIA DE CIRURGIA  
ESTEREOTÁXICA ENTRE OS ANOS DE 2000 E 2022  
NO HOSPITAL MILITAR CENTRAL, BOGOTÁ,  
COLÔMBIA**

**Diana Paola Duarte MD<sup>1</sup>, Johann David Serrato Perdomo MD<sup>1</sup>,  
Andrés Felipe Vargas Rosales MD<sup>1</sup>, Juan Camlo Zapata Castro  
MD<sup>1</sup>, Gabriel Vargas Rosales MD<sup>1</sup>, Jimar Rivero Cano MD<sup>1</sup>, Luis  
Orlando Rojas Romero MD<sup>2</sup>, Juan Carlos Luque Suárez MD<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Residente de Neurocirugía, Universidad Militar Nueva Granada – Hospital Militar Central. Bogotá, Colombia.

<sup>2</sup>Neurocirujano, Departamento de Neurocirugía, Hospital Militar Central. Bogotá, Colombia.

<sup>3</sup>Jefe de Departamento de Neurocirugía, Hospital Militar Central. Bogotá, Colombia.

**Correspondencia**

---

Diana Paola Duarte. Residente de Neurocirugía, Universidad Militar Nueva Granada – Hospital Militar Central. Tv. 3C #49-02, Localidad de Chapinero, Bogotá, Colombia.

Correo electrónico: [dianaduarte05@gmail.com](mailto:dianaduarte05@gmail.com)

## Resumen

**Introducción:** La cirugía estereotáctica es una técnica quirúrgica que en pacientes seleccionados permite la realización de procedimientos más precisos y menos invasivos, en comparación con la cirugía convencional, disminuyendo el riesgo de lesiones en áreas elocuentes.

**Materiales y Métodos:** Se realizó un estudio observacional descriptivo de corte transversal en el cual se revisaron las historias clínicas de los pacientes mayores de 18 años intervenidos quirúrgicamente por medio de cirugía estereotáctica entre enero de 2000 y junio de 2022 en el Hospital Militar Central (Bogotá, Colombia)

**Resultados:** En el periodo comprendido entre enero de 2000 y junio de 2022 se encontraron un total de 137 pacientes intervenidos por medio de estereotaxia con objetivos diagnósticos y terapéuticos de los cuales 50 son mujeres y 87 son hombres, con una tasa de morbilidad de 3,64%, mortalidad de 0,72% y un rendimiento diagnóstico de 98,4%.

**Conclusiones:** La cirugía estereotáctica es una técnica quirúrgica que permite procedimientos diagnósticos y terapéuticos con un amplio margen de seguridad y un buen rendimiento diagnóstico. En el presente estudio se encontraron tasas de complicaciones similares a las reportadas en la literatura mundial.

**Palabras clave:** Estereotaxia, cirugía estereotáctica, complicaciones

## Abstract

**Introduction:** Stereotactic surgery is a surgical technique that in selected patients allows the performance of more precise and less invasive procedures, compared to conventional surgery, reducing the risk of injury in eloquent areas.

**Methods:** A retrospective cross-sectional descriptive study was carried out in which the medical records of patients over 18 years of age who underwent surgery by means of stereotaxic surgery between January 2000 and June 2022 at the Central Military Hospital (Bogotá, Colombia) were reviewed.

**Results:** In the period between January 2000 and June 2022, a total of 137 patients operated on by means of stereotaxy with diagnostic and therapeutic objectives were found, of which 50 were women and 87 were men, with a morbidity rate of 3.64%, mortality of 0.72% and a diagnostic yield of 98.4%.

**Conclusions:** Stereotactic surgery is a surgical technique that allows diagnostic and therapeutic procedures with a wide safety margin and good diagnostic performance. In the present study, complication rates similar to those reported in the world literature were found.

**Keywords:** Stereotaxy, stereotactic surgery, complications

## Resumo

**Introdução:** A cirurgia estereotáxica é uma técnica cirúrgica que em pacientes selecionados permite a realização de procedimentos mais precisos e menos invasivos, em comparação com a cirurgia convencional, reduzindo o risco de lesões em áreas eloquentes.

**Materiais e Métodos:** Foi realizado um estudo descritivo transversal retrospectivo no qual foram revisados os prontuários de pacientes maiores de 18 anos submetidos à cirurgia estereotáxica entre janeiro de 2000 e junho de 2022 no Hospital Militar Central (Bogotá, Colômbia).

**Resultados:** No período de janeiro de 2000 a junho de 2022, foram encontrados 137 pacientes operados por estereotaxia com objetivos diagnósticos e terapêuticos, sendo 50 mulheres e 87 homens, com taxa de morbidade de 3,64%, 0,72% e um rendimento diagnóstico de 98,4%.

**Conclusões:** A cirurgia estereotáxica é uma técnica cirúrgica que permite procedimentos diagnósticos e terapêuticos com ampla margem de segurança e bom desempenho diagnóstico. No presente estudo, foram encontradas taxas de complicações semelhantes às relatadas na literatura mundial.

---

**Palavras chave:** Estereotaxia, cirurgia estereotáxica, complicações

## Introducción

La cirugía estereotáctica es una técnica quirúrgica que permite llevar a cabo procedimientos más precisos y menos invasivos, en comparación con la cirugía convencional, con el fin de evitar lesiones en áreas elocuentes. Su historia inicia en 1908, cuando el neurocirujano y neurofisiólogo Sir Victor Horsley, en compañía del matemático y cirujano Robert Clarke, diseñaron un aparato estereotáctico basado en el sistema de coordenadas cartesianas. Sus estudios continuaron desde entonces, sin embargo, no fue sino hasta 1946 cuando los doctores Spiegel y Wycis, gracias al diseño del primer marco estereotáctico para uso humano y con la llegada de los rayos X, llevaron a cabo la primera cirugía funcional en un paciente con corea de Huntington. Posteriormente se continuó con el uso de la estereotaxia para el tratamiento de trastornos del movimiento como la enfermedad de Parkinson y el temblor esencial, así como del dolor crónico refractario al manejo médico y patologías psiquiátricas como la agresividad (1,2).

Esta técnica quirúrgica es útil en los pacientes que requieren diagnóstico histológico de lesiones en áreas elocuentes o profundas, en quienes no es necesaria la citoreducción de la lesión para el tratamiento de la patología sospechada o en pacientes ancianos que no puedan tolerar la realización de una craneotomía por sus comorbilidades (3). También es una herramienta utilizada para el drenaje de abscesos cerebrales, resección total de lesiones cerebrales profundas como cavernomas, y para guía de catéteres ventriculares para el tratamiento de hidrocefalia, logrando la disminución de las tasas de disfunción proximal de las derivaciones. Adicionalmente es una técnica quirúrgica con buen margen de seguridad y buen rendimiento diagnóstico al momento de realizar biopsia de lesiones en la fosa posterior ( 4, 5, 6, 7). La cirugía estereotáctica es un procedimiento con un amplio margen de seguridad para la realización de biopsias y otros procedimientos intracraneales; su mortalidad es de aproximadamente 1- 6% y su morbilidad de 0 - 1,7% y el porcentaje global estimado de complicaciones es de 5%. Dentro de las complicaciones más frecuentes se encuentra la hemorragia, la cual representa 60%; otras complicaciones incluyen el deterioro neurológico, que usualmente es transitorio, o limitaciones en el rendimiento diagnóstico (2,8).

---

## **Materiales y métodos**

Se realizó un estudio observacional descriptivo de corte transversal en el cual se revisaron las historias clínicas de los pacientes mayores de 18 años intervenidos quirúrgicamente por medio de cirugía estereotáxica entre enero de 2000 y junio de 2022 en el Hospital Militar Central (Bogotá, Colombia); se analizó edad, sexo, objetivo del procedimiento, reportes de histopatología y complicaciones.

Para el desarrollo de esta técnica quirúrgica se usó entre los años 2000 y 2016 el marco de estereotaxia Zamorano Dujovny con sistema de planeación Estereoplan® y, posteriormente, el marco de estereotaxia Micromar con sistema de planeación Aimplan®.

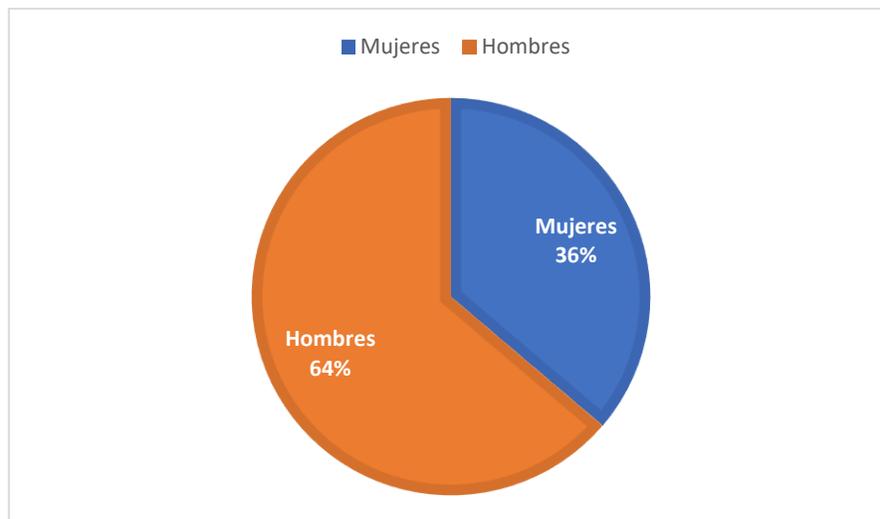
### *Técnica Quirúrgica*

Se escogió la biopsia por estereotaxia como técnica quirúrgica para el diagnóstico histológico en pacientes que contaban con lesiones en áreas elocuentes o comorbilidades que contraindicaron una craneotomía convencional, se realizó una craneotomía guiada por estereotaxia para resección de lesión intracraneal en pacientes que cursaban con lesiones en áreas elocuentes.

Una vez seleccionado el paciente para cirugía se realizan paraclínicos prequirúrgicos el día anterior a la cirugía: hemograma, tiempos de coagulación, función renal y los paraclínicos específicos según las comorbilidades de los pacientes. Con los paraclínicos revisados en rangos de normalidad, el paciente es llevado a salas de cirugía en donde el servicio de neuroanestesiología realiza un bloqueo de escalpe, posterior al cual se posiciona de marco de estereotaxia. Luego el paciente es trasladado al tomógrafo para realización de tomografía de cráneo contrastada, con la cual se elabora el planeamiento del target y entry point. Se retorna el paciente a salas de cirugía para iniciar con el protocolo anestésico elegido según el caso a intervenir. Para el posicionamiento del paciente se usa la base del marco de estereotaxia o el soporte de Mayfield según la preferencia del cirujano.

## Resultados

En el periodo comprendido entre enero de 2000 y junio de 2022 se encontraron un total de 137 pacientes intervenidos por medio de estereotaxia con objetivos diagnósticos y terapéuticos de los cuales 50 son mujeres y 87 son hombres (Figura 1) con edades que oscilan entre los 18 y los 88 años, con un promedio de edad de 46,08 años. 63 (45,99%) pacientes fueron llevados a craneotomía guiada por estereotaxia para resección de lesiones intracraneales, 59 (43,07%) fueron intervenidos para realización de biopsia, siete (5,11%) pacientes fueron llevados a implantación de electrodos para estimulación cerebral profunda en enfermedad de Parkinson, tres (2,19%) para inserción de catéter ventricular guiada por estereotaxia para derivación ventriculoperitoneal, dos (1,46%) fueron llevados a drenaje de absceso cerebral guiado por estereotaxia, dos (1,46%) con diagnóstico de craneofaringioma fueron llevados a implantación de reservorio de Ommaya y a un (0.73%) paciente se le realizó drenaje de hematoma intraparenquimatoso. (Tabla1)



**Figura 1.** Distribución de los pacientes según género(n=137).

**Tabla 1.** Caracterización de cohorte de pacientes

	Hombre	Mujer	Total
<b>Población</b>	87	50	137
<b>Edad (promedio)</b>	48,08	42,6	46,08
<b>Resección de lesión</b>	37	26	63
<b>Biopsia de lesión intracraneal</b>	43	16	
<b>Lesión en área elocuente</b>	36	11	59
<b>Comorbilidades</b>	7	5	
<b>Estimulación cerebral profunda para enfermedad de Parkinson</b>	5	2	7
<b>Derivación Ventriculoperitoneal (Hipertensión endocraneana idiopática)</b>	0	3	3
<b>Drenaje absceso cerebral</b>	1	1	2
<b>Implantación reservorio de Ommaya</b>	0	2	2
<b>Drenaje hematoma intraparenquimatoso</b>	1	0	1

Dentro de los reportes de histopatología obtenidos los gliomas fueron el tumor más frecuente, entre estos el astrocitoma difuso (13,9%), el glioblastoma (13,5%), el oligodendroglioma (8%) y el astrocitoma anaplásico y pilocítico (5,8% y 5,1% respectivamente), seguidos de las metástasis pulmonares (5,1%) y de los meningiomas (4,4%). La patología infecciosa más frecuente de la toxoplasmosis (5,1%) y entre las patologías autoinmunes se documentaron un paciente con enfermedad relacionada con IgG4, uno con esclerosis múltiple y uno con un proceso desmielinizante asociado a macrófagos. De los 125 pacientes en los que se obtuvo muestra solamente se reportaron dos casos de muestra insuficiente para diagnóstico histológico, obteniendo así un rendimiento diagnóstico de 98,4%

No se obtuvo muestra de patología en 12 casos: siete pacientes con enfermedad de Parkinson, tres pacientes llevados a derivación ventriculoperitoneal y dos pacientes con patología ya conocida de craneofaringioma, en quienes se implantó un reservorio de Ommaya para inicio de tratamiento médico. (Tabla 2)

**Tabla 2.** Reporte patológico

<b>Tumores</b>	<b>Cantidad</b>
Astrocitoma difuso	19
Glioblastoma	13
Oligodendroglioma	11
Astrocitoma anaplásico	8
Astrocitoma pilocítico	7
Metástasis pulmonar	7
Meningioma	6
Linfoma b	4
Ependimoma	4
Linfoma no hodgkin clásico de tipo esclerosis nodular	2
Germinoma	2
Glioma células gigantes gangliobasal	1
Ganglioglioma anaplásico multifocal	1
Hemangiopericitoma	1
Oligoastrocitoma	1
Tumor neuroepitelial disembrionárico (tumor glial)	1
Metástasis escamocelular	1
<b>Vascular</b>	
Angioma cavernoso	12
<b>Infecciones</b>	
Toxoplasmosis	7
Cerebritis	4
Tejido cerebral con necrosis e inflamación que sugiere etiología bacteriana	3
Meningoencefalitis	2
Blastomycosis	1
Tuberculosis	1
<b>Autoinmune</b>	
Enfermedad relacionada con IGG4	1
Esclerosis múltiple tumefacta	1
Proceso desmielinizante con macrófagos	1
<b>Otros</b>	
N/A (Enfermedad de Parkinson, Hidrocefalia, craneofaringioma)	12
Muestra insuficiente	2
Radionecrosis	1

Se presentaron complicaciones en 6 pacientes, las cuales representan 4.37% del total de casos: el primero, una paciente femenina que fue llevada a resección de una lesión parietal izquierda (oligodendroglioma) y que presentó hipoestesia en el miembro superior derecho; el segundo, un paciente que fue llevado a estimulación cerebral profunda para enfermedad de Parkinson que presentó infección del sitio operatorio superficial posterior a trauma sobre una de las heridas quirúrgicas, que requirió manejo antibiótico prolongado y, finalmente, el retiro de los electrodos; el tercero, un paciente masculino llevado a biopsia de lesión supraselar, quien en su postoperatorio tardío presentó cefalea con evidencia en la neuroimagen de sangrado intraventricular y requirió reintervención para drenaje del mismo; el cuarto, un paciente masculino que fue llevado a resección de astrocitoma frontal, con deterioro neurológico en su postoperatorio inmediato, y que presentó hidrocefalia secundario a sangrado intraventricular y requerimiento de reintervención para drenaje; el quinto paciente fue llevado a resección de una lesión metastásica, presentó infección de sitio operatorio y requirió reintervención para lavado del sitio quirúrgico; el sexto paciente fue llevado a una biopsia de lesión frontal obteniendo como reporte histopatológico un astrocitoma pilocítico, en el postoperatorio mediato presentó fiebre con elevación de reactantes de fase aguda y rigidez nuchal documentándose una meningitis asociado en la neuroimagen de control se evidenció una trombosis de senos venosos, el paciente presentó edema cerebral generalizado que resultó en el fallecimiento del paciente. (Tabla 3)

**Tabla 3.** Complicaciones

Procedimiento	Total	Lesión sensitiva	Infección	Hemorragia	Mortalidad
Resección lesión intracraneal	63	1	1	1	-
Diagnóstico por biopsia	59	-	-	1	1
Estimulación cerebral profunda para enfermedad de Parkinson	7	-	1	-	-
Derivación ventriculoperitoneal	3	-	-	-	-

---

Drenaje absceso cerebral	2	-	-	-	-
Implantación reservorio Ommaya para tratamiento de craneofaringioma	2	-	-	-	-
Drenaje hematoma intraparenquimatoso	1	-	-	-	-
Total pacientes	137	-	-	-	-
Complicaciones	6 (4,37%)	1	2	2	1

---

## Discusión

La cirugía estereotáctica es una técnica quirúrgica útil en el diagnóstico y tratamiento de múltiples patologías, es efectiva y de bajo riesgo en pacientes que requieren resección o biopsia de lesiones intracraneales y en quienes una craneotomía implicaría un aumento en la morbimortalidad. Su tasa de complicaciones es relativamente baja, se estima que la mortalidad de una biopsia por estereotaxia es de 0 - 4% y entre los factores de riesgo se encuentran la localización de la lesión en los ganglios basales, la histopatología de linfoma y lesiones con neovascularización; el déficit neurológico transitorio o permanente, las convulsiones y la alteración del estado de conciencia son las complicaciones más frecuentes (0 - 1,7%); entre los factores de riesgo independientes se encuentran la diabetes y las lesiones talámicas o gangliobasales. No se ha encontrado asociación entre la vía de abordaje y las complicaciones (3, 9 10, 11).

La hemorragia intraparenquimatosa es la complicación más frecuente en pacientes llevados a biopsias por estereotaxia, variando su tasa entre 0.9% y 20%, sin embargo las hemorragias sintomáticas solo abarcan el 3% de los pacientes con ésta complicación; la hemorragia intraparenquimatosa se ha asociado a factores de riesgo como la hidrocefalia, hipertensión endocraneana, histología de linfoma, edema cerebral y el uso de antiagregación plaquetaria en las 48 horas previas a la cirugía; la infección es una complicación de muy escasa presentación generalmente asociada al uso crónico de corticoesteroides. La mayoría de las complicaciones (75,6%) se presentan en las primeras 6 horas postoperatorias sin embargo las hemorragias sintomáticas se asocian con complicaciones tardías (más de 6 horas postoperatorias), estas complicaciones sintomáticas se asocian a un aumento de tiempo del tiempo de hospitalización en el 86,7% de los pacientes y por consiguiente a un aumento del costo total del tratamiento. Con el fin de disminuir el riesgo de hemorragia intracraneal en paciente llevados a biopsia por estereotaxia de lesiones gangliobasales Sato et al. propuso realizar el planeamiento del procedimiento con resonancia cerebral contrastada de 3 teslas con imagen 3D en tiempo de vuelo obteniendo una disminución significativa de esta complicación (9, 11, 12, 13, 14).

En el caso de la cirugía estereotáctica para el tratamiento de trastornos del movimiento se estima una tasa de sangrado intraoperatorio de 9,5%, la mayoría secundarios a la coagulación inducida por la radiofrecuencia o luego de la

implantación de los electrodos; en pacientes llevados a estimulación cerebral profunda se estima una tasa de infecciones de hasta 28%, fractura del sistema en 13%, migración de electrodos en 6% y desconexiones en 4% (15, 16).

Teniendo en cuenta la variabilidad de las complicaciones que se presenta relacionadas a las biopsias estereotácticas Riche et al. Ha propuesto un sistema de clasificación según la significancia clínica de la complicación (Tabla 4) (12).

**Tabla 4.** Escala de severidad de complicaciones en biopsia guiada por estereotaxia

<b>Procedimiento</b>	<b>Total</b>	<b>Lesión sensitiva</b>	<b>Infección</b>	<b>Hemorragia</b>	<b>Mortalidad</b>
Resección lesión intracraneal	63	1	1	1	-
Diagnóstico por biopsia	59	-	-	1	1
Estimulación cerebral profunda para enfermedad de Parkinson	7	-	1	-	-
Derivación ventriculoperitoneal	3	-	-	-	-
Drenaje absceso cerebral	2	-	-	-	-
Implantación reservorio Ommaya para tratamiento de craneofaringioma	2	-	-	-	-
Drenaje hematoma intraparenquimatoso	1	-	-	-	-
Total pacientes	137	-	-	-	-
Complicaciones	6 (4,37%)	1	2	2	1

En el presente estudio se evidencia que el procedimiento más frecuentemente realizado por estereotaxia en el Hospital Militar Central es la resección de

lesiones intracraneales seguido de la biopsia de lesiones siendo los gliomas la lesión tumoral más frecuente seguida de la metástasis pulmonar y los meningiomas; dentro de la patología infecciosa la más frecuente fue la toxoplasmosis. La cirugía estereotáctica también fue usada en el Hospital Militar Central como herramienta en drenaje de abscesos cerebrales, implantación de electrodos para estimulación cerebral profunda, posicionamiento de catéteres intraventriculares en pacientes con hipertensión endocraneana idiopática y de reservorios de Ommaya para tratamiento de craneofaringiomas. Se encontró en esta serie una tasa de morbilidad de 3,64% siendo la hemorragia intraparenquimatosa y la infección las complicaciones más frecuentes y una tasa de mortalidad de 0,72% relacionada con neuroinfección. Se observó que la tasa de complicaciones en el Hospital Militar Central se encuentra dentro del rango presentado en la literatura. En cuanto al rendimiento diagnóstico, se reporta en la literatura que más de 90% de las veces en las que realiza una estereotaxia se logra un diagnóstico histológico adecuado, teniendo como factores influyentes en el rendimiento diagnóstico la localización de la lesión, la morfología de la lesión, el planeamiento quirúrgico y la realización de biopsias por congelación; para nuestro estudio el rendimiento diagnóstico fue de 98.4%.

## **Conclusiones**

La cirugía estereotáctica es una técnica quirúrgica que permite realizar procedimientos diagnósticos y terapéuticos con un amplio margen de seguridad y un buen rendimiento diagnóstico. En el presente estudio se encontraron tasas de complicaciones similares a las reportadas en la literatura mundial. Esta es la segunda serie que analiza los resultados de esta técnica quirúrgica en la población de la Fuerzas Militares de Colombia

## **Referencias.**

1. Gildenberg P, L: Stereotactic Surgery –T he Past and the Future. *Stereotact Funct Neurosurg* 1998;70:57-70. doi: 10.1159/000029599
2. Duarte Mora DP, Palacino Domínguez PV, Rojas Romero LO. Stereotactic surgery experience between the years 2000 and 2020 at the Central Military Hospital, Bogotá, Colombia. *Arch Neurocién [Internet]*. 2022 May 26 [cited 2023 Jan. 24];27(3). Available from: <https://archivosdeneurociencias.org/index.php/ADN/article/view/344>

3. Bernstein M, Parrent AG. Complications of CT-guided stereotactic biopsy of intra-axial brain lesions. *J Neurosurg.* 1994 Aug;81(2):165-8. doi: 10.3171/jns.1994.81.2.0165. PMID: 8027795.
4. Sampath R, Wadhwa R, Tawfik T, Nanda A, Guthikonda B. Stereotactic placement of ventricular catheters: does it affect proximal malfunction rates? *Stereotact Funct Neurosurg.* 2012;90(2):97-103. doi: 10.1159/000333831. Epub 2012 Mar 2. PMID: 22398576.
5. Leu, S., Halbeisen, F., Mariani, L. et al. Intraoperative ultrasound-guided compared to stereotactic navigated ventriculoperitoneal shunt placement: study protocol for a randomised controlled study. *Trials* 22, 350 (2021). <https://doi.org/10.1186/s13063-021-05306-5>
6. Chow F. Brain and Spinal Epidural Abscess. *Continuum (Minneap Minn).* 2018 Oct;24(5, Neuroinfectious Disease):1327-1348. doi: 10.1212/CON.0000000000000649. PMID: 30273242.
7. Navarro-Olvera José L., Aguado-Carrillo Gustavo, Vintimilla-Sarmiento Juan D., Parra-Romero Gustavo, Guartazaca-Guerrero Mario S., Carrillo-Ruiz José D.. Concordance and diagnostic yield of stereotactic biopsies for posterior fossa: Technique and experience in a reference hospital. *Cir. cir.* [revista en la Internet]. 2022 Ago [citado 2023 Ene 24]; 90( 4 ): 433-438.
8. Zorro O, Ordóñez Rubiano ÉG, Camacho JE, Tschampel Garvin A, Burgos RA, Acevedo JC, Berbeo M, Feo Ó, Díaz R. Procedimientos neuroquirúrgicos cerebrales guiados por estereotaxia realizados en el Hospital Universitario de San Ignacio (HUSI): evolución a corto y mediano plazo. *Universitas Médica.* 2012;54(1). pp. 39–52. doi: 10.11144/javeriana.umed54-1.pncg
9. Riche M, Marijon P, Amelot A, Bielle F, Mokhtari K, Chambrun MP, Joncour AL, Idbaih A, Touat M, Do CH, Deme M, Pasqualotto R, Jacquens A, Degos V, Shotar E, Chougar L, Carpentier A, Mathon B. Severity, timeline, and management of complications after stereotactic brain biopsy. *J Neurosurg.* 2021 Sep 10;136(3):867-876. doi: 10.3171/2021.3.JNS21134. PMID: 34507289.
10. Quick-Weller J, Tichy J, Dinc N, Tritt S, Won SY, Behmanesh B, Bruder M, Seifert V, Weise LM, Marquardt G. Benefit and Complications of Frame-Based Stereotactic Biopsy in Old and Very Old Patients. *World Neurosurg.* 2017

---

Jun;102:442-448. doi: 10.1016/j.wneu.2017.03.059. Epub 2017 Mar 23. PMID: 28344180.

11. Cheng G, Yu X, Zhao H, Cao W, Li H, Li Q, Li Z, Yin F, Liu R, Zhang J. Complications of stereotactic biopsy of lesions in the sellar region, pineal gland, and brainstem: A retrospective, single-center study. *Medicine (Baltimore)*. 2020 Feb;99(8):e18572. doi: 10.1097/MD.00000000000018572. PMID: 32080071; PMCID: PMC7034708.
12. Riche M, Amelot A, Peyre M, Capelle L, Carpentier A, Mathon B. Complications after frame-based stereotactic brain biopsy: a systematic review. *Neurosurg Rev*. 2021 Feb;44(1):301-307. doi: 10.1007/s10143-019-01234-w. Epub 2020 Jan 4. PMID: 31900737.
13. Sato S, Dan M, Hata H, Miyasaka K, Hanihara M, Shibahara I, Inoue Y, Kumabe T. Safe Stereotactic Biopsy for Basal Ganglia Lesions: Avoiding Injury to the Basal Perforating Arteries. *Stereotact Funct Neurosurg*. 2018;96(4):244-248. doi: 10.1159/000492057. Epub 2018 Aug 28. PMID: 30153687.
14. Lara-Almunia M, Hernández-Vicente J. Related factors with diagnostic yield and intracranial hemorrhagic complications in frame-based stereotactic biopsy. *Review. Neurocirugia (Astur : Engl Ed)*. 2021 Nov-Dec;32(6):285-294. doi: 10.1016/j.neucie.2021.04.004. Epub 2021 Apr 30. PMID: 34743826.
15. Terao T, Takahashi H, Yokochi F, Taniguchi M, Okiyama R, Hamada I. Hemorrhagic complication of stereotactic surgery in patients with movement disorders. *J Neurosurg*. 2003 Jun;98(6):1241-6. doi: 10.3171/jns.2003.98.6.1241. PMID: 12816271.
16. Ward M, Ahmed M, Markosian C, Ezike JZ, Agrawal R, Randhawa K, Liang Z, Abraham M, Paskhover B, Mammis A. Complications associated with deep brain stimulation for Parkinson's disease: a MAUDE study. *Br J Neurosurg*. 2021 Oct;35(5):625-628. doi: 10.1080/02688697.2021.1935727. Epub 2021 Jun 20. PMID: 34151665.