

AMERICAN BRAIN TUMOR ASSOCIATION

# Cirugía



American  
Brain Tumor  
Association®

*Providing and pursuing answers™*

## ACERCA DE LA AMERICAN BRAIN TUMOR ASSOCIATION

La American Brain Tumor Association (ABTA), fundada en 1973, fue la primera organización nacional sin fines de lucro dedicada exclusivamente a la investigación de tumores cerebrales. Desde entonces, la ABTA ha ampliado su misión y ahora proporciona recursos integrales para respaldar las necesidades complejas de los pacientes con tumores cerebrales —de todas las edades y tipos de tumor— y de sus cuidadores. Además, financia la investigación en busca de innovaciones en el diagnóstico, el tratamiento y la atención de los tumores cerebrales.

**Para obtener más información, visite [abta.org](http://abta.org).**

*La ABTA agradece a las siguientes personas por haber revisado esta edición de la guía informativa: Gabriel Zada, MD, MS, FAANS, FACS (profesor de Cirugía Neurológica, Otorrinolaringología y Medicina Interna; director del Brain Tumor Center de USC; Keck School of Medicine de USC, University of Southern California); Eric Holland, MD, PhD (vicepresidente sénior y director de la Human Biology Division en Fred Hutch; director de Seattle Translational Tumor Research, de Fred Hutch y de UW Medicine); Chris Ferry (revisor de pacientes) y Morgan Mosky (revisora de pacientes).*

Esta publicación no tiene el objetivo de sustituir el consejo médico profesional y no brinda consejos sobre tratamientos o afecciones para pacientes. Todas las decisiones médicas y de tratamiento deben consultarse con sus médicos teniendo en cuenta su información médica personal. Ningún producto, tratamiento, médico u hospital que se mencione en esta publicación constituye una recomendación.

# Cirugía

## INTRODUCCIÓN

Esta guía brinda información sobre la **cirugía** para el tratamiento de pacientes con tumores primarios, metastásicos (secundarios) y de otro tipo del sistema nervioso central (SNC). Los tumores cerebrales primarios se originan en el cerebro o la columna vertebral<sup>1</sup> y rara vez se diseminan a otros órganos, fuera del SNC<sup>2</sup>. Los tumores cerebrales metastásicos se forman cuando el cáncer de otra parte del cuerpo se propaga al cerebro. Existen más de 130 tipos de tumores cerebrales<sup>3,4</sup>.

Alrededor del 70 % de los tumores cerebrales primarios y otros tumores del SNC no son cancerosos (benignos), pero siguen siendo enfermedades graves y suelen requerir tratamiento<sup>5</sup>. El 30 % restante de los tumores cerebrales primarios son cancerosos (malignos). Todos los tumores cerebrales metastásicos o secundarios se consideran cancerosos (malignos). Tanto los tumores cerebrales primarios como los metastásicos suelen crecer más rápido y actuar de forma más agresiva que los tumores benignos. Suelen invadir otras zonas del cerebro y la médula espinal, y pueden ser mortales. Las categorías de tratamiento de los tumores cerebrales incluyen cirugía, radioterapia y quimioterapia, y pueden recomendarse una o más categorías según el tipo de tumor.

Un médico especializado en cirugía del cerebro, la columna vertebral y otras partes del SNC se denomina “cirujano neurológico” o **neurocirujano**<sup>6,7</sup>. El neurocirujano trabaja con un equipo de médicos, como neurooncólogos

---

y oncólogos radioterapeutas, así como con otros profesionales de la salud, como asistentes médicos, enfermeros especializados, especialistas en rehabilitación y personal de enfermería<sup>6,7</sup>.

## CERTIFICACIÓN PROFESIONAL

La certificación profesional del American Board of Neurological Surgery es una credencial de excelencia que indica un nivel elevado de competencia y formación en una determinada especialidad médica. Para obtenerla, los neurocirujanos deben superar un riguroso proceso de evaluación regido por la American Board of Medical Specialties. En la etapa anterior a la emisión de la certificación, los neurocirujanos deben cumplir los siguientes requisitos:

- Acreditar la educación y capacitación correspondientes.
- Demostrar habilidades, juicio y conocimientos profesionales.
- Aprobar un examen escrito y oral.
- Participar en cursos de formación continua.

Esta certificación profesional se considera el *método de referencia* para que los pacientes puedan evaluar la formación del neurocirujano. Para saber si un neurocirujano está certificado, visite el sitio web de la American Board of Medical Specialties ([www.certificationmatters.org](http://www.certificationmatters.org)) o llame al Servicio de Derivación Médica del hospital en el que trabaja el cirujano.

## INFORMACIÓN SOBRE LA CIRUGÍA

La cirugía sigue siendo el primer paso en el tratamiento de muchos tumores cerebrales<sup>7,8,9</sup>. Se considera el tratamiento estándar —es decir, el mejor tratamiento conocido— para varios tipos de tumores cerebrales.

Por ejemplo, la cirugía puede ser el único tratamiento necesario para tumores no malignos (benignos) y gliomas de bajo grado (menos agresivos), especialmente si se extirpa todo el tumor<sup>7</sup>. En el caso de otros tumores cerebrales, incluidos los gliomas de alto grado

(más agresivos) y otros tumores malignos, la cirugía puede realizarse en combinación con radioterapia y/o quimioterapia<sup>8,9</sup>.

La cirugía suele considerarse la primera opción para tratar las metástasis cerebrales si hay un tumor grande que causa síntomas, la cantidad de tumores es limitada, se pueden extirpar con seguridad todos o la mayoría de los tumores, el diagnóstico no es certero, el cáncer está controlado y el paciente goza de buena salud general. La cirugía también puede recomendarse si existe un único tumor y el cáncer no se ha expandido a otras partes del cuerpo. Algunos tumores pueden extirparse por completo, mientras que otros pueden reducirse de tamaño.

En general, estos son los objetivos de la cirugía<sup>7,8,9</sup>:

- Obtener tejido tumoral para determinar un diagnóstico (si aún no se ha realizado una biopsia).
- Extirpar la mayor cantidad posible de tumor (resección máxima segura).
- Reducir los síntomas causados por el tumor y prevenir futuros problemas neurológicos.
- Prolongar la vida.
- Reducir la necesidad de administrar corticosteroides.

Así como existen diferentes tipos de tumores cerebrales, hay diferentes tipos de operaciones para tratar los tumores cerebrales. El neurocirujano analizará las opciones con los distintos especialistas y proveedores que forman parte del equipo de atención médica, y también con el paciente. Estos son algunos de los factores que se tendrán en cuenta<sup>6,7</sup>:

- El tamaño del tumor y el grado percibido.
- La ubicación del tumor y la función de las regiones cerebrales cercanas.
- Los posibles efectos secundarios y riesgos de la cirugía.
- La salud general, la edad y las preferencias del paciente.

Un tumor que no puede operarse se denomina *inoperable*. Si el tumor es inoperable, el cirujano puede realizar una biopsia para obtener una muestra de tejido que confirme

---

el diagnóstico y guíe el tratamiento futuro, o puede extirpar una parte del tumor (resección subtotal)<sup>6,7</sup>.

Es posible que la cirugía no sea una buena opción para las personas que tienen un tumor localizado en partes del cerebro que controlan funciones críticas, como el movimiento, el habla y los sentidos, ni para las personas con otros problemas de salud<sup>8</sup>.

## TIPOS DE CIRUGÍA

### Biopsia

Si bien los estudios de diagnóstico por imágenes —como la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM)— pueden darle al médico una idea aproximada del tipo de tumor, **se suele recomendar una biopsia para que el diagnóstico sea certero**<sup>6,10</sup>.

Una biopsia es un procedimiento quirúrgico que consiste en extraer un pequeño fragmento de tumor y enviarlo al patólogo para que lo analice<sup>6,11,12</sup>. En general, el neurocirujano realiza un pequeño corte en el cuero cabelludo y perfora un orificio diminuto en el cráneo. A continuación, el cirujano extrae uno o varios fragmentos pequeños del tejido sospechoso con una aguja o un instrumento similar<sup>11</sup>.

El cirujano envía la muestra a un patólogo especializado en la identificación de enfermedades del SNC. El patólogo examina el tejido con un microscopio<sup>6,10</sup> y suele analizarlo para buscar ciertos marcadores moleculares y genéticos, que ayudarán a determinar de qué tipo de tumor se trata y si es benigno o maligno<sup>6,8</sup>.

La biopsia puede constituir un procedimiento independiente para obtener una muestra de tejido o formar parte de la operación para extirpar el tumor. Cuando se realiza una biopsia, el paciente suele recibir anestesia general, que impide que sienta dolor. Según el tipo de biopsia que se realice, la operación puede durar hasta dos horas<sup>14</sup>.

Existen dos tipos de biopsias:

**Biopsia estereotáctica.** En la biopsia estereotáctica, se utiliza una computadora y un dispositivo de exploración tridimensional basado en imágenes de TC o RM para guiar con precisión la aguja de biopsia con el fin de extraer el tejido diana<sup>12,13</sup>. En una *biopsia estereotáctica con marco*, se fija un marco en la cabeza del paciente para mantenerlo inmóvil, mientras que, en una *biopsia estereotáctica sin marco*,

se usan clavijas para fijar el equipo estereotáctico a la cabeza del paciente con pequeños discos metálicos colocados en el cuero cabelludo para guiar la aguja<sup>11,14</sup>. Se suelen practicar biopsias estereotácticas cuando no se puede extirpar un tumor quirúrgicamente o cuando existe la necesidad de volver a clasificar el grado del tumor o de obtener una nueva muestra del tumor<sup>12,13</sup>.



Ejemplo de un marco craneal durante la biopsia estereotáctica.

**Biopsia abierta.** Cuando los estudios de diagnóstico por imágenes muestran que el tumor puede extirparse quirúrgicamente o la localización es desfavorable para una biopsia por punción, puede realizarse una biopsia abierta<sup>12</sup>. Una biopsia abierta se considera una cirugía mayor. A veces, la muestra de tejido se lleva directamente al patólogo, que se encarga de analizarla de inmediato y de enviar los resultados al neurocirujano mientras el paciente aún está en el quirófano<sup>6</sup>. Con los resultados preliminares a su disposición, el cirujano puede decidir, con seguridad, qué cantidad del tumor puede extirparse.

## Craneotomía

La craneotomía es el tipo de operación más habitual para extirpar tumores cerebrales<sup>11,15</sup>. *Craneo-* hace referencia a la cabeza y *-otomía* significa ‘abrir’.

Cuando se practica una craneotomía, el paciente recibe anestesia general, que impide que sienta dolor. El paciente puede estar despierto, al menos, durante parte de la intervención si el cirujano recomienda una craneotomía con el paciente despierto<sup>15</sup>. Puede recomendarse una

craneotomía de este tipo si debe evaluarse la función cerebral del paciente durante la operación. *(Puede leer más sobre la craneotomía con el paciente despierto más adelante en esta guía informativa).*

Antes de comenzar la intervención, se suele rasurar una pequeña parte de la cabeza del paciente<sup>6,11,15</sup>. El neurocirujano realiza una incisión en el cuero cabelludo, utiliza un taladro quirúrgico especial para extraer una parte del cráneo denominada “colgajo óseo” y, a continuación, extirpa el tumor con cuidado.

La abertura del cuero cabelludo suele ser lo suficientemente grande como para que el cirujano pueda introducir varios instrumentos y ver las partes del cerebro necesarias para operar con seguridad<sup>15</sup>. Es posible que el cirujano tenga que abrir el cerebro para llegar al

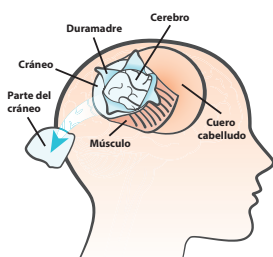


Ilustración de una craneotomía.

tumor, o atravesar espacios naturales dentro del cerebro. El tumor puede cortarse con un bisturí o con tijeras especiales, extraerse con dispositivos de succión si es lo suficientemente blando, o fragmentarse y succionarse con un aspirador ultrasónico manual. *(Puede leer más sobre la aspiración ultrasónica más adelante en esta guía informativa).* Una vez extirpado el tumor, el cirujano vuelve a colocar el colgajo óseo, lo sella en su sitio con placas y tornillos de titanio y, a continuación, sutura el cuero cabelludo con puntos y/o grapas<sup>6,16</sup>.

Existen diferentes tipos de craneotomías en función de la técnica utilizada o de la localización del tumor. Por ejemplo, en una *craneotomía estereotáctica*, se practica una RM o una TC para generar imágenes tridimensionales del cerebro y guiar el abordaje. En la *craneotomía endoscópica*, se usa un tubo con una luz y una cámara en el extremo, denominado “endoscopio”, para acceder al cerebro a través de pequeñas aberturas, a veces denominadas “cerraduras” (también conocidas por su nombre en inglés: keyholes). En general, las operaciones que se basan en el principio de practicar incisiones y aberturas más pequeñas y/o vías naturales del cuerpo se denominan *cirugías mínimamente invasivas*.



Según el tipo de craneotomía y de la complejidad del tumor, este procedimiento puede durar entre 2 y 12 horas.

## Craniectomía

Una craniectomía es similar a una craneotomía en casi todos los aspectos, excepto en uno. La *otomía* implica una incisión, mientras que la *ectomía*, una extirpación. En una craniectomía, el colgajo óseo extirpado para llegar al cerebro no se repone tras la cirugía<sup>16,17</sup>.

El neurocirujano puede optar por realizar una craniectomía porque quizá resulta difícil reponer el colgajo óseo en determinadas regiones o porque sería necesario practicar una intervención a gran escala. Si hay infección o edema (hinchazón) cerebral, puede que no sea aconsejable reponer el colgajo óseo. Si el colgajo óseo es reutilizable, el centro médico lo suele almacenar hasta que el cirujano determine si puede reponerse y cuándo. Si el hueso no es reutilizable, por ejemplo, debido a una infección, se confeccionará una prótesis o implante óseo artificial, generalmente basado en la anatomía del paciente según las imágenes de una TC.

Cuando se realiza una craniectomía, el equipo de atención médica le da instrucciones al paciente para proteger la zona blanda creada por el hueso que falta, que también puede cubrirse con una placa de titanio u otro sustituto óseo.

## Citorreducción

La citorreducción implica reducir quirúrgicamente el tamaño de un tumor extirpando la mayor parte posible<sup>11,18</sup>. Tras la citorreducción, el cirujano puede recomendar quimioterapia y/o radioterapia para tratar las células tumorales restantes<sup>18</sup>. La citorreducción también puede realizarse para aliviar los síntomas o ayudar al paciente a vivir más tiempo.

## Extirpación parcial

La extirpación parcial, también conocida como *resección subtotal*, consiste en extirpar solo una parte del tumor<sup>6</sup>.

El neurocirujano puede realizar una resección subtotal como parte de una cirugía mayor o de una cirugía mínimamente invasiva, según la localización del tumor y otros factores. Algunos tumores no pueden extirparse por completo debido a su ubicación y a su proximidad

---

a regiones o estructuras circundantes clave. El tumor puede ser de difícil acceso o estar cerca de una zona vital del cerebro que, si se daña, podría afectar el movimiento, el habla, la visión o la audición del paciente<sup>6,7,8</sup>. En otros casos, el tumor puede estar adherido a estructuras como arterias o nervios, que pueden impedir una extirpación completa.

Cuando se realiza una extirpación parcial, el paciente suele recibir tratamiento adicional, como radioterapia o quimioterapia, para tratar las células tumorales restantes. Esto suele ocurrir cuando se presentan gliomas de alto grado<sup>6,7</sup>.

## Extirpación completa

La extirpación completa, también conocida como *resección total macroscópica*, se refiere a la extirpación de todo el tumor que se ve durante la operación y en las imágenes posteriores<sup>6,11</sup>. Sin embargo, es posible que queden algunas células tumorales microscópicas en la cavidad quirúrgica o en las regiones circundantes que el ojo humano no puede ver, que no se detectan con un microscopio quirúrgico y que no son visibles en la RM después de la cirugía. Tras la extirpación completa, el cirujano conversará con el paciente sobre la probabilidad de que el tumor reaparezca, en función del tipo de tumor, y sobre si es necesario un tratamiento adicional (por ejemplo, radioterapia y/o quimioterapia) para destruir cualquier célula restante.

## Derivación

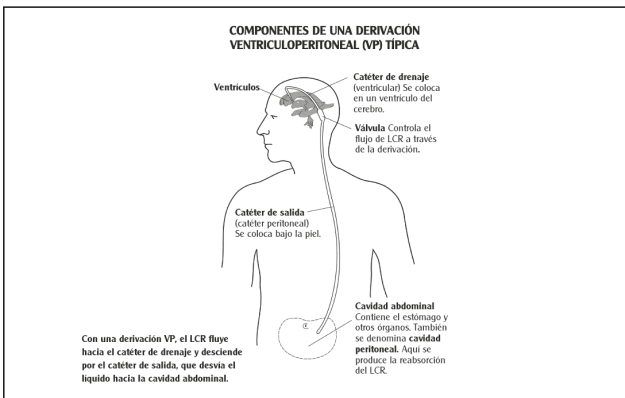
Cuando hay un exceso de líquido cefalorraquídeo (LCR) en el cerebro o las vías del LCR están bloqueadas por el tumor o el edema (hinchazón), el paciente puede tener una acumulación de presión y líquido dentro del cerebro y el cráneo. La acumulación de LCR se denomina *hidrocefalia*, y la presión dentro del cerebro se conoce como *presión intracraneal*, una afección que puede causar dolores de cabeza, náuseas y somnolencia, e incluso puede poner en peligro la vida<sup>11,15</sup>.

La presión causada por la hidrocefalia puede aliviarse mediante un drenaje temporal denominado

“ventriculostomía” o “drenaje ventricular externo” (DVE), o mediante un implante permanente denominado “derivación”.

En un DVE, se usa un tubo similar a un catéter para drenar el LCR a un sistema de drenaje externo. La cantidad de LCR que se drena se controla muy de cerca, y el tubo se retira una vez que se ha resuelto la presión.

En una derivación, se usa un tubo largo similar a un catéter para drenar el LCR del cerebro y desviarlo a otras partes del cuerpo. En la mayoría de los casos, el LCR se drena hacia el abdomen (vientre), donde se absorbe. A veces, se sitúa en la zona torácica. Cuando la derivación va al abdomen, se denomina *derivación ventriculoperitoneal* y, cuando va a la zona torácica, se denomina *derivación ventriculopleural o ventriculoauricular*<sup>15</sup>.



Componentes de una derivación ventriculoperitoneal típica. Cortesía del McGill University Health Centre, Montreal, Canadá.

Para practicar una derivación, se rasura una zona de la cabeza del paciente. El neurocirujano corta un pequeño colgajo en el cuero cabelludo y realiza un pequeño orificio en el cráneo<sup>19,20</sup>. Además, hace otro pequeño corte en el vientre. A continuación, se introduce un extremo de un catéter estéril en un ventrículo del cerebro (una zona llena de LCR), y el otro extremo en el vientre u otro lugar de destino. Entre ambos extremos del catéter, hay una válvula que controla el flujo de LCR y ayuda a graduar el drenaje, generalmente con un ajuste regulable. Cuando se acumula presión adicional alrededor del cerebro,

---

la válvula se abre y el exceso de LCR drena a través del catéter hacia el vientre u otra parte del cuerpo.

Las operaciones de derivaciones suelen durar menos de una hora. En algunas ocasiones, las derivaciones pueden obstruirse y requerir una revisión. Si se infectan, es necesario retirarlas.

## Depósito de Ommaya

Un depósito de Ommaya es un pequeño recipiente en forma de cúpula que se implanta quirúrgicamente bajo el cuero cabelludo. El recipiente (depósito) está conectado a un catéter (tubo) que se coloca en un ventrículo y se asemeja al tubo utilizado para una derivación<sup>21,22</sup>. La conexión del depósito de Ommaya a un ventrículo brinda acceso directo al espacio del LCR.

Un depósito de Ommaya puede usarse para lo siguiente<sup>11,21,22</sup>:

- Administrar quimioterapia en el cerebro y el LCR que lo rodea.
- Extraer muestras de LCR para detectar células anómalas o infecciones sin necesidad de realizar una punción lumbar.
- Eliminar el exceso de líquido quístico sin cirugía.

Para colocar el depósito de Ommaya, primero se rasura la cabeza del paciente cerca del lugar del implante<sup>15,21,22</sup>. El neurocirujano realiza un pequeño corte en el cuero cabelludo para insertar el depósito de Ommaya, que tiene aproximadamente el tamaño de una moneda de 25 centavos. Luego, el cirujano practica otro pequeño orificio en el cráneo por el que se introducirá el catéter, que se colocará en un ventrículo. La incisión se cierra con grapas o puntos. El paciente podrá sentir el depósito de Ommaya bajo la piel, que estará ligeramente abultada en esa zona<sup>21</sup>. Con una exploración por TC o RM de la cabeza del paciente, se corroborará que el depósito de Ommaya se haya colocado correctamente.

El depósito de Ommaya puede integrarse en el catéter como parte de una derivación o puede colocarse como un dispositivo independiente<sup>11</sup>. Una vez que ya no sea

necesario, se puede retirar. La operación para insertar el depósito de Ommaya dura una hora aproximadamente<sup>21</sup>.

## Cirugía de la base del cráneo

La base del cráneo es la delicada zona ósea situada debajo del cerebro y, en general, se considera una región compleja para los tumores y la cirugía<sup>11</sup>. Los tumores situados en esta zona suelen estar rodeados de nervios y vasos sanguíneos que controlan funciones críticas, como el habla, los sentidos y los movimientos faciales<sup>11,23</sup>. La cirugía de la base del cráneo se realiza para extirpar tumores en esta zona, la parte inferior del cerebro o la parte superior de la médula espinal<sup>24</sup>.

La mejor forma de realizar la cirugía de la base del cráneo es con un equipo de especialistas que incluya un neurocirujano, un otorrinolaringólogo, un cirujano maxilofacial o cirujano plástico y un radiólogo, entre otros<sup>23,24</sup>.

El cirujano suele utilizar técnicas de microcirugía o endoscópicas para extirpar la mayor cantidad posible de tumor (resección máxima segura) y, al mismo tiempo, preservar las funciones críticas<sup>24,25</sup>. *(Puede leer más sobre las técnicas de microcirugía más adelante en esta guía informativa)*. El uso de técnicas de microcirugía permite al cirujano realizar menos incisiones y más pequeñas, o colocar un endoscopio en el cráneo e insertar instrumentos diminutos a través de aberturas naturales del cráneo. Estas incluyen la nariz, la boca, los párpados y la frente, así como por encima y detrás de las orejas o desde el cuello<sup>23,24,25</sup>. Es posible que se realice una RM para tomar imágenes de la base del cráneo en tiempo real que ayuden a guiar al cirujano para extirpar la mayor parte posible del tumor a través del endoscopio<sup>24</sup>.

Debido a la complejidad de la operación, la cirugía de la base del cráneo puede ser larga. El tiempo necesario para un caso convencional oscila entre 2 y 8 horas. Los pacientes pueden necesitar tratamiento adicional, como quimioterapia o radioterapia, tras la cirugía de la base del cráneo, dependiendo del tipo de tumor y de la extensión de la extirpación<sup>24</sup>.

---

## Cirugía endonasal y transesfenoidal

La cirugía endonasal se realiza a través de las fosas nasales para acceder a los senos paranasales y a la base del cráneo. Es la cirugía más elegida para los tumores hipofisarios y otros tumores específicos de la base del cráneo. El subtipo más común de cirugía endonasal de la base del cráneo es la cirugía transesfenoidal. Este tipo de operación se realiza a través de la nariz y el seno esfenoidal, que es la puerta de entrada a la región pituitaria<sup>11,26</sup>. *Trans-* significa ‘a través’, y *esfenoidal* se refiere al hueso esfenoides y el seno<sup>11</sup>. La cirugía transesfenoidal requiere especialistas, entre los que se incluyen un neurocirujano y, posiblemente, un otorrinolaringólogo<sup>27</sup>.

Este abordaje limita las posibilidades de causar daños en el cerebro, ya que este no suele moverse ni tocarse durante la intervención<sup>28</sup>. Sin embargo, si se produce una fuga de LCR durante la operación, debe repararse para conseguir un cierre hermético. Además, estas operaciones pueden provocar menos efectos secundarios y no dejan cicatriz visible. Las operaciones transesfenoidales suelen durar entre 1 y 4 horas<sup>27</sup>.

Para este tipo de cirugía, se suele usar un endoscopio que se introduce a través de las fosas nasales sin incisiones externas en el cuerpo. Según el tipo de tumor y su localización, el cirujano puede extirpar parte del hueso de la base del cráneo para acceder al tumor.

## Terapia térmica intersticial con láser

La terapia térmica intersticial con láser (LITT) —también conocida como “ablación estereotáctica con láser”— es una técnica quirúrgica mínimamente invasiva en la que se usa un láser para calentar y destruir un tumor cerebral o una necrosis (tejido muerto) del cerebro tras un tratamiento con radiación<sup>29,30,31</sup>.

El neurocirujano realiza un pequeño corte en el cuero cabelludo y practica un orificio diminuto en el cráneo<sup>32,33</sup>. En el orificio, se introduce una fibra láser fina y flexible que se guía hacia el tumor mediante un

tipo especial de RM. Una vez que el láser se encuentra en el lugar adecuado, transmite energía hacia el tumor, que, a su vez, se calienta y destruye. Durante el procedimiento, se utiliza una RM en *tiempo real* para controlar la temperatura en la parte del cerebro que se está tratando, lo que garantiza que el láser permanezca centrado en el tumor y evite dañar el tejido sano cercano<sup>29</sup>. Una vez que se ha ablacionado el tumor, el cirujano retira la fibra láser flexible y cierra la incisión.

Aunque la LITT es una técnica bastante nueva<sup>11,31</sup>, ya ha sido exitosa para tratar tumores cerebrales que se encontraban en zonas de difícil acceso o que no habían respondido a otras opciones de tratamiento, y en pacientes que no eran buenos candidatos para la cirugía<sup>29,30</sup>. Entre los tipos de tumores que se han tratado con LITT se encuentran los glioblastomas, los tumores cerebrales metastásicos y los tumores recurrentes<sup>29,30</sup>, además de otros tipos de tumores de menos de 3 cm (el tamaño de una uva)<sup>32,33</sup>. Como la LITT es menos invasiva que una craneotomía, puede reducir el dolor tras la cirugía y acortar el tiempo de recuperación.

La LITT puede durar desde 1 hora hasta 3 o 4 horas, según el tamaño, la ubicación y la forma del tumor<sup>32,33</sup>.

## HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS ESPECIALIZADAS

### Cartografía cerebral

Gracias a los avances médicos recientes, existen muchas herramientas que permiten que el neurocirujano pueda extirpar los tumores cerebrales quirúrgicamente de forma segura. Una de ellas —la cartografía cerebral— ayuda al cirujano a identificar las zonas del cerebro que controlan funciones críticas, como el movimiento y el habla<sup>34</sup>.

El objetivo es evitar dañar estas zonas sensibles durante la cirugía. Si bien las técnicas de cartografía cerebral se actualizan constantemente, los siguientes son algunos de los métodos más utilizados en la actualidad.



La tecnología informática es de gran ayuda en la extirpación de tumores. Cortesía de Gene Barnett, MD, The Cleveland Clinic Brain Tumor and Neuro-Oncology Center.

## Craneotomía con el paciente despierto

Una craneotomía con el paciente despierto es igual que una craneotomía convencional, con la diferencia de que el paciente está despierto durante las partes críticas de la cartografía y/o la extirpación del tumor, de modo que se pueda vigilar su preservación neurológica y su seguridad<sup>6</sup>. El paciente recibe anestesia local extensa en el cuero cabelludo para reducir el dolor que pueda presentarse. El cerebro no tiene receptores del dolor, y la mayoría de los pacientes tolera bien esta técnica.

Durante una craneotomía con el paciente despierto, el neurocirujano usa pequeños electrodos para estimular la parte específica del cerebro próxima al lugar donde se encuentra el tumor y, mientras tanto, suele hacerle preguntas al paciente. Si el cirujano está tratando de encontrar las zonas que controlan el movimiento, el médico puede pedirle al paciente que mueva un dedo de las manos o de los pies.

El cirujano utiliza imágenes de RM del cerebro tomadas antes y durante la intervención, junto con las respuestas del paciente, para crear un mapa de las áreas funcionales del cerebro. Esto le permite al cirujano saber qué tejido debe extirparse y cuál debe permanecer, para minimizar así el daño potencial a estas zonas sensibles (elocuentes) del cerebro que controlan funciones importantes<sup>6,7,9</sup>.



## Estimulación cortical directa

La estimulación cortical directa, también conocida como “cartografía cortical”, le permite al neurocirujano identificar zonas sensibles del cerebro alrededor del tumor utilizando una sonda diminuta con una dosis baja de corriente eléctrica<sup>7,15,35</sup>. El cirujano coloca electrodos en la superficie del cerebro, y en la cara, el brazo y la pierna del paciente<sup>36</sup>. Cuando la sonda toca una zona del cerebro, la corriente eléctrica provoca un movimiento visible de la parte del cuerpo relacionada o una respuesta captada mediante monitoreo eléctrico. Al observar esta respuesta, el cirujano puede ver las zonas sensibles que deben evitarse. Si el paciente está despierto durante este procedimiento, puede responder verbalmente al cirujano sobre la estimulación eléctrica.

## Potenciales evocados somatosensoriales y motores

Los potenciales evocados somatosensoriales, también conocidos como *potenciales evocados* o *respuesta evocada*, miden las respuestas sensoriales de la estimulación eléctrica a los nervios del paciente que, en última instancia, llegan al cerebro<sup>37</sup>. Para esta técnica, el neurocirujano coloca electrodos en el cuero cabelludo y en los brazos, las piernas y la espalda del paciente. Los electrodos miden los impulsos eléctricos débiles que recorren los nervios hasta llegar al cerebro. Una máquina registra el tiempo que tardan estos impulsos, denominados *potenciales evocados*, en llegar al cerebro. De forma similar, los potenciales evocados motores evalúan la integridad de las regiones y vías que controlan el movimiento o la función motora.

## Resonancia magnética funcional

La RM funcional mide los pequeños cambios que se producen en el flujo sanguíneo cuando el cerebro está activo<sup>31,34</sup>. Esta *actividad* ocurre cuando el cerebro usa oxígeno<sup>35</sup>. La RM de alta velocidad genera imágenes del consumo de oxígeno del cerebro. Esto le permite al neurocirujano diferenciar entre la actividad cerebral normal, que utiliza oxígeno, y un tumor que contiene tejido muerto, que no utiliza oxígeno. Esta técnica se suele aplicar antes de la cirugía para guiar la craneotomía.

## Ecografía intraoperatoria

Durante la cirugía, el neurocirujano puede recurrir a la ecografía para determinar la profundidad, el tamaño, la forma y los límites del tumor<sup>35,38</sup>. Esta técnica también puede servir para distinguir el tumor de las células tumorales muertas (necrosis), los quistes, el edema y el tejido cerebral normal<sup>35</sup>. En este procedimiento, se utiliza la ecografía, que son ondas sonoras de alta energía que rebotan en los tejidos y órganos<sup>18</sup>. Cuando las ondas rebotan, se convierten en imágenes que el neurocirujano puede ver en una computadora. Una de las ventajas de las ecografías es la obtención de imágenes en tiempo real.

## Resonancia magnética intraoperatoria

La RM intraoperatoria es un tipo especial de RM que transmite imágenes de alta calidad *casi en tiempo real* al neurocirujano, en lugar de que este dependa únicamente de las imágenes de RM tomadas antes de la intervención quirúrgica<sup>9,39</sup>. Al mantener constantemente actualizadas las imágenes, la RM intraoperatoria le permite al cirujano ver la cantidad de tumor que queda tras la resección inicial y guiar la intervención quirúrgica para extirpar aún más tumor<sup>39</sup>. Este método también sirve para que el cirujano determine el tamaño, la forma y los límites de un tumor, y distinga entre un tumor y el tejido normal cercano<sup>40,41</sup>. Se suele usar para saber si un tumor se ha extirpado por completo, y si queda algún tumor residual y dónde puede estar localizado.



A la derecha, se ve un escáner de RM en el quirófano. Cortesía de Linda Liau, MD, UCLA Health.

## Embolización

La embolización es una técnica que se utiliza para bloquear el flujo sanguíneo a un tumor antes de

extirparlo<sup>18,42</sup>. Operar un tumor con muchos vasos sanguíneos puede ser difícil porque estos pueden provocar una hemorragia intensa durante la cirugía. El objetivo de la embolización es cortar el suministro de sangre al tumor y reducir el riesgo de ruptura de los vasos sanguíneos<sup>42</sup>.

Durante una embolización, el neurocirujano realiza un pequeño corte en la zona inguinal del paciente para generar un orificio en la arteria femoral, un vaso sanguíneo grande que baja por la pierna, e insertar un tubo diminuto (catéter) allí<sup>42</sup>. A continuación, el neurocirujano desplaza suavemente el catéter por el vaso sanguíneo hasta acercarlo al tumor. Después, se inyecta un tinte a través del catéter, que permite ver el vaso sanguíneo en unas imágenes de rayos X denominadas *arteriografía*. Se utiliza para examinar el suministro de sangre al tumor y comprobar que sea seguro eliminar el vaso sanguíneo en cuestión.

Con el catéter colocado, el cirujano inserta un pequeño *tapón* hecho de partículas diminutas de plástico o espirales metálicas pegadas entre sí, o un globo para sellar el vaso sanguíneo dañado. De este modo, se interrumpe el flujo sanguíneo al tumor, pero no a las partes normales del cerebro. Un par de días después de la embolización, se extirpa el tumor durante un procedimiento de seguimiento<sup>43</sup>.

Esta técnica puede aplicarse cuando los tumores contienen muchos vasos sanguíneos, como meningiomas, hemangiopericitomas y tumores glómicos yugulares. La embolización puede durar varias horas, y la operación de resección suele realizarse al poco tiempo<sup>42</sup>.

### Administración mejorada por convección

La administración mejorada por convección (CED) es un método muy reciente que se utiliza para administrar fármacos de quimioterapia o terapias biológicas en el tumor cerebral<sup>44,46</sup>. Esta técnica se basa en los principios de la presión constante para *infundir* estos fármacos directamente en el tumor.

Para realizar la CED, el neurocirujano hace un pequeño orificio en el cráneo del paciente e inserta un catéter (o varios catéteres, en función del tamaño del tumor) cerca del tumor<sup>44,46</sup>.

---

A continuación, conecta al catéter un dispositivo similar a una bomba y lo llena con un fármaco en formato líquido, que se bombea directamente al tejido tumoral.

Al crear esta vía directa al tumor, la CED evita la barrera hematoencefálica, que impide que muchos de estos fármacos terapéuticos entren en el cerebro para tratar el tumor<sup>44,45,46</sup>. A medida que esta técnica evolucione, podría utilizarse para monitorear la infusión del fármaco *en tiempo real* y ayudar al cirujano a asegurarse de que se administra la cantidad adecuada<sup>46</sup>.

## Láseres

El término láser proviene de la sigla en inglés LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), que significa *amplificación de luz por emisión estimulada de radiación*. A diferencia de la luz del sol o de una bombilla, que tiene muchas longitudes de onda diferentes que se propagan en todas las direcciones, la luz láser tiene una única longitud de onda de alta energía que se concentra en un haz muy estrecho<sup>47</sup>. Este haz estrecho de luz intensa, que es potente y preciso al mismo tiempo, puede calentar y destruir un tumor cerebral<sup>48</sup>. El láser también se puede usar para activar fármacos fotosensibles que destruyen las células cancerosas en un procedimiento conocido como *terapia fotodinámica*. (*Puede leer más sobre la terapia fotodinámica más adelante en esta guía informativa*). Se utilizan distintos tipos de láser en función del procedimiento.

Los láseres se utilizan con frecuencia para la cirugía mínimamente invasiva, como la microcirugía y la LITT<sup>48</sup>, ya que los láseres pueden ser más precisos que los bisturíes<sup>47</sup>. El calor del láser sella los vasos sanguíneos, lo que provoca menos hemorragias, hinchazón, dolor o cicatrices. El calor del láser también ayuda a limpiar los bordes del tejido a medida que lo atraviesa, y esto reduce el riesgo de infección. La cirugía láser puede disminuir el tiempo de intervención, el daño al tejido sano y el tiempo de cicatrización.

Cuando se utiliza un láser en cirugía, el neurocirujano hace un corte minúsculo en el cuero cabelludo, practica un pequeño orificio en el cráneo e inserta una fibra

láser fina y flexible en el orificio<sup>48</sup>. El láser es guiado por un dispositivo estereotáctico o asistido por computadora hasta el lugar adecuado con tanta precisión que se sitúa a 1 mm o menos del objetivo. Se utiliza un tipo especial de RM, conocido como *termometría por RM*, para controlar la temperatura en la parte del cerebro que se va a tratar durante el procedimiento. De este modo, se garantiza que el láser permanezca centrado en el tumor y se evita dañar el tejido sano cercano. Una vez destruido el tumor, el cirujano retira la fibra y cierra la incisión.

Los láseres se han utilizado para tratar tumores cerebrales situados en zonas profundas del cerebro o de difícil acceso, y en pacientes que no son buenos candidatos para la cirugía<sup>48</sup>. Entre los tipos de tumores cerebrales que se han tratado con láser se encuentran los glioblastomas, las metástasis cerebrales, los ependimomas, los gliomas y los tumores recurrentes.

### Microcirugía

En la microcirugía, se usa un microscopio de alta potencia para ampliar la zona quirúrgica durante la intervención, junto con instrumentos quirúrgicos diminutos que le permiten al neurocirujano operar estructuras pequeñas o delicadas del cerebro<sup>49,50,51</sup>.

Este tipo de microscopios produce una luz brillante que puede aumentar la zona hasta 40 veces, lo que le permite al cirujano ver arterias, venas, nervios finos y vasos sanguíneos diminutos. Muchas veces, el microscopio puede mostrar una imagen de la zona quirúrgica en un monitor. Esto le permite al cirujano contar con la ayuda de un asistente durante la intervención, ya que ambos pueden ver la zona quirúrgica. Con esta técnica, el cirujano puede desplazarse con movimientos precisos por las terminaciones nerviosas más finas y los vasos sanguíneos más diminutos para extirpar el tumor y examinar el cerebro en busca de restos tumorales.

La microcirugía permite realizar intervenciones mínimamente invasivas, que suelen implicar incisiones más pequeñas, menos complicaciones y una recuperación más rápida<sup>50</sup>.

Entre los tipos de tumores cerebrales que se han tratado con microcirugía se encuentran los astrocitomas, los gliomas del tronco encefálico, los endimomas, los glioblastomas, los gliomas, los tumores glómicos yugulares, los hemangioblastomas, los meduloblastomas, los meningiomas, los tumores cerebrales metastásicos, los gliomas mixtos y los tumores cerebrales pediátricos.



Un microscopio quirúrgico ayuda al neurocirujano a ver el tumor.  
Cortesía de John Sampson, MD, PhD, MBA, MHSc, Duke Health.



Algunos microscopios permiten a los cirujanos compartir la misma vista.  
Cortesía de Carl Zeiss Surgical, Inc. Microscopio NC33.

## Cirugía endoscópica

En la cirugía endoscópica, un tipo de microcirugía, el neurocirujano practica un pequeño orificio en el cráneo e introduce un endoscopio, esto es, un tubo largo, fino y flexible con una luz y una cámara en el extremo<sup>52</sup>. El cirujano utiliza instrumentos quirúrgicos diminutos colocados a través del endoscopio para

realizar la operación. Puede utilizarse una RM o una TC para guiar al cirujano hasta el lugar adecuado del cerebro. El endoscopio se suele emplear para diversos tipos de cirugía de la base del cráneo, o como complemento durante una craneotomía abierta.

## Neuroendoscopia

En la neuroendoscopia, el neurocirujano utiliza un endoscopio e instrumentos quirúrgicos diminutos para extirpar un tumor en zonas de difícil acceso mediante otras técnicas quirúrgicas. Sin embargo, en lugar de realizar un pequeño corte en el cráneo, el cirujano puede llegar al tumor canalizando el endoscopio a través de la boca o la nariz<sup>53,54,55</sup>.

Esta técnica puede utilizarse para realizar una biopsia o la extirpación parcial o completa de un tumor cerebral. A veces, también se usa para tratar la hidrocefalia<sup>55</sup>. Entre los tipos de tumores cerebrales que se han tratado con neuroendoscopia se encuentran los tumores de la base del cráneo, los neuromas acústicos, los tumores ventriculares, los tumores hipofisarios, los tumores de la región pineal y los meningiomas.

## Terapia fotodinámica

La terapia fotodinámica (PDT) es un procedimiento que implica el uso de un láser y de un fármaco especial denominado *agente fotosensibilizador* para destruir un tumor cerebral<sup>47,56</sup>. Para la PDT, se suele utilizar un láser de argón, y el fármaco tiene una sustancia química especial no tóxica que hace que el tumor *se ilumine* —generalmente descrito como de color *verde brillante*— cuando se expone a la luz del láser.

Justo antes de la intervención, el fármaco se inyecta en una vena o arteria, por donde circula a través del torrente sanguíneo, y es absorbido por el tumor. Durante la intervención, el neurocirujano dirige el láser hacia el tumor, lo que provoca la reacción del fármaco y la destrucción de las células tumorales<sup>47,56</sup>.

La PDT puede destruir las células tumorales sin dañar el tejido cerebral sano cercano. Es muy precisa y puede repetirse muchas veces en el mismo lugar si es necesario. La PDT es menos invasiva que la cirugía, lleva menos tiempo y no suele dejar cicatriz —o deja una muy pequeña— una vez que la zona cicatriza<sup>56,57</sup>.

Sin embargo, este tratamiento es limitado, ya que solo puede tratar los tumores que se consideran operables y las células tumorales que el cirujano puede ver y que la luz puede alcanzar<sup>35,56,57</sup>. La PDT no puede aplicarse para tratar tumores grandes y/o profundos, que se hayan extendido a muchas zonas, que no respondan al fármaco sensibilizador o que estén cerca del tronco encefálico, debido al riesgo de edema.

Los fármacos de la PDT pueden dejar a los pacientes muy sensibles a la luz durante un tiempo después de la intervención, por lo que deben tomar precauciones especiales tras el uso de los fármacos<sup>56</sup>. Los investigadores siguen evaluando distintos tipos de láser y nuevos fármacos fotosensibilizadores que podrían funcionar incluso mejor<sup>47</sup>.

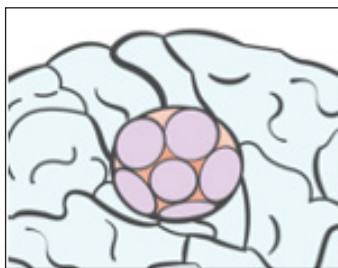
## Implantes de radioterapia/quimioterapia

Tras la intervención quirúrgica para extirpar un tumor cerebral, pueden colocarse implantes de radioterapia/quimioterapia para destruir cualquier célula cancerosa que haya quedado.

### Implantes de obleas de polímero

Los implantes de obleas de polímero utilizan un fármaco quimioterapéutico —la carmustina— que se coloca en el cerebro para destruir cualquier célula cancerosa que haya quedado tras la intervención quirúrgica para extirpar un tumor cerebral<sup>6,7</sup>. Los fármacos quimioterapéuticos destruyen las células tumorales impidiéndoles que crezcan, se dividan y produzcan más células<sup>7</sup>.

Durante la intervención quirúrgica, el neurocirujano coloca implantes de obleas de polímero, que tienen aproximadamente el tamaño de una moneda de diez centavos, en la zona donde se extirpó el tumor<sup>6,7</sup>. Según el tamaño del tumor, pueden colocarse hasta ocho obleas. A lo largo de las dos o tres semanas



Colocación de la oblea en la cavidad creada por la extirpación del tumor.



siguientes, las obleas se van disolviendo poco a poco y liberan la quimioterapia directamente en la zona del tumor<sup>6,7,58</sup>.

Los implantes de carmustina se han utilizado para tratar gliomas de alto grado<sup>6,7,59</sup> y glioblastomas que han reaparecido<sup>59</sup>. Según las investigaciones, el uso de implantes de carmustina ayuda a prolongar la vida de las personas<sup>60,61</sup>. En el caso de los tumores cerebrales, esta forma de carmustina puede ser más eficaz que otras y tener menos efectos secundarios. Sin embargo, existen riesgos asociados con el uso de implantes de carmustina<sup>9</sup> sobre los que el paciente debe conversar con su equipo de atención médica.

### Braquiterapia

La braquiterapia es un tipo de radioterapia mediante la cual se coloca una dosis baja de material radiactivo cerca de la zona en la que se extirpó el tumor cerebral<sup>62,63</sup>.

Esta técnica administra la radiación con gran precisión, y minimiza la cantidad de radiación en el tejido y las estructuras sanas cercanas. La preservación de los tejidos y órganos sanos contribuye a reducir los efectos secundarios que pueden presentar los pacientes.

Durante la cirugía, el neurocirujano y el oncólogo radioterapeuta colocan, con cuidado, los *implantes*, también llamados *semillas*, que contienen el material radiactivo.

La braquiterapia se ha utilizado para tratar tumores cerebrales recurrentes o de diagnóstico reciente, incluidos meningiomas malignos y metástasis cerebrales<sup>62,63</sup>.

En la forma más reciente de braquiterapia, conocida en inglés como targeted tile brachytherapy, se usan unos implantes cuadrados de colágeno flexible —en lugar de semillas— que contienen material radiactivo. Los implantes cuadrados liberan radiación hasta que el cuerpo la absorbe. Según estudios preliminares, este tratamiento mejoró el control local del tumor en pacientes con meningiomas recurrentes y metástasis cerebrales recurrentes<sup>64,65</sup> y podría mejorar la supervivencia global en pacientes con glioblastoma recurrente<sup>66,67</sup>.

### Cirugía robótica

La cirugía robótica, también conocida como *cirugía asistida por robot*, es un método para realizar intervenciones

quirúrgicas en el que se usa un brazo mecánico, imágenes tridimensionales y una computadora<sup>68</sup>.

Unos días antes de la intervención, el neurocirujano usa un programa informático de cirugía robótica para obtener imágenes tridimensionales del cerebro del paciente. Esto le permite al cirujano preparar, planificar y determinar el lugar exacto de la intervención<sup>69</sup>. Como en cualquier tipo de cirugía mínimamente invasiva, el cirujano practica un pequeño orificio en el cráneo e introduce un endoscopio. Durante la intervención, el cirujano controla el brazo robótico, que lleva acoplados instrumentos quirúrgicos pequeños, desde una computadora<sup>68,70</sup>.



Prototipo de robot quirúrgico. Cortesía de Hunter Downs, PhD, NovaSol, plataforma de pruebas Robotics Research 1607.

Si bien se trata de una tecnología novedosa, la cirugía robótica ya se aplica en algunos hospitales de los Estados Unidos para extirpar tumores cerebrales<sup>70</sup> y realizar biopsias<sup>71,72</sup>.

Algunos beneficios de la cirugía robótica<sup>70</sup>:

- Le permite al cirujano operar con mayor precisión.
- Es posible ver imágenes *en tiempo real* sin interrumpir la operación.
- La operación se lleva adelante con instrumentos quirúrgicos diminutos.

Otras ventajas para el paciente pueden incluir una recuperación más rápida, menos dolor y hemorragia, menor riesgo de infección, menos tiempo en el hospital y cicatrices más pequeñas<sup>68</sup>.

## Aspiración ultrasónica

La aspiración ultrasónica utiliza la vibración generada por las ondas ultrasónicas para desintegrar los tumores y,

luego, succionar o aspirar los fragmentos de tumor<sup>73</sup>. Este dispositivo manual permite al neurocirujano desintegrar tumores grandes dentro del cráneo y evitar dañar el tejido cerebral sano cercano durante la intervención. Una vez que el tumor se ha desfragmentado, la aspiración de los fragmentos minimiza las posibilidades de propagación de las células tumorales a otras partes del cerebro<sup>74</sup>. Además, esta herramienta puede reducir el tiempo de cirugía y disminuir la pérdida de sangre de los pacientes.

### Cirugía guiada por fluorescencia

La cirugía guiada por fluorescencia (FGS) es una técnica de diagnóstico por imágenes en la que se usa un tinte fluorescente y un microscopio especial para iluminar las células tumorales, lo que facilita la visualización del tumor y la extirpación quirúrgica de la mayor parte posible<sup>7,9,31</sup>.

Unas horas antes de la intervención, se administra el tinte fluorescente al paciente para que lo trague<sup>7,9,31</sup>. En la actualidad, el ácido 5-aminolevulínico (5-ALA) es un tinte de uso frecuente en la FGS, aunque los investigadores están analizando otros tintes<sup>32</sup>. Una vez que las células tumorales absorben el tinte, el cirujano usa un microscopio especial de luz azul que ilumina dichas células<sup>7,9,31</sup>.

Con esta técnica, el cirujano puede ver las células tumorales en una longitud de onda de luz diferente, algo que no sería visible para el ojo humano<sup>75</sup>. Además, este método le permite ver *a través* de las capas de tejido y órganos. Asimismo, las imágenes se transmiten *en tiempo real*. Todas estas características contribuyen a que el cirujano vea mejor el tumor, lo extirpe con seguridad y, al mismo tiempo, proteja las regiones cerebrales normales.

Esta técnica novedosa se ha aplicado con éxito para tratar gliomas, incluido el glioblastoma, y está aprobada por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) para esta indicación<sup>76,77,78</sup>.

### BENEFICIOS DE LA CIRUGÍA DE TUMOR CEREBRAL

En general, los beneficios de la cirugía de tumor cerebral dependen, en gran medida, del tipo de tumor y de su localización, además del tipo de cirugía. Estos son algunos de los posibles beneficios de la cirugía de tumor cerebral<sup>6,7,9</sup>:

- Establece un diagnóstico preciso.

- 
- Proporciona tejido para análisis genéticos.
  - Se extirpa, de forma segura, la mayor parte posible del tumor.
  - Alivia la presión sobre el cerebro.
  - Se eliminan o mejoran los síntomas.
  - Mejora el estado funcional.
  - Es posible que aumente la esperanza de vida y se prevengan futuras disfunciones neurológicas.

En general, cuanto más tumor se extirpa, mejor es el pronóstico del paciente<sup>2,6,9</sup>.

## **RIESGOS FRECUENTES DE LA CIRUGÍA DE TUMOR CEREBRAL**

Como ocurre con todos los tratamientos de tumor cerebral, existen ciertos riesgos relacionados con la cirugía de tumor cerebral. Los riesgos asociados con la cirugía de tumor cerebral dependen, en gran medida, del tipo de tumor y de su localización, además del tipo de cirugía. **Cada persona corre riesgos diferentes, y los riesgos de cada operación deben abordarse con el neurocirujano tratante.**

Esta conversación con el equipo de tratamiento forma parte del proceso de consentimiento informado, durante el cual se obtiene el permiso por escrito del paciente antes de la intervención quirúrgica. Es muy importante que el paciente lea el documento de consentimiento informado detenidamente y comprenda todo lo que dice antes de firmarlo.

La cirugía de tumor cerebral plantea riesgos generales y específicos. Los riesgos generales afectan a las personas que se someten a una intervención quirúrgica por cualquier motivo y no se limitan a la cirugía de tumor cerebral. Estos son algunos<sup>15,52</sup>:

- hemorragias;
- coágulos sanguíneos;
- infecciones;
- reacciones a la anestesia.

Entre los posibles riesgos relacionados con la cirugía de tumor cerebral, se incluyen los siguientes<sup>52</sup>:

- problemas de habla o de visión;
- problemas de memoria o cognitivos;
- problemas de equilibrio o coordinación;
- debilidad muscular;
- coágulos sanguíneos o hemorragias cerebrales;
- infección en el cerebro, la herida o el cráneo;
- edema (hinchazón);
- convulsiones;
- accidente cerebrovascular;
- coma.

Muchas de las técnicas y de los instrumentos quirúrgicos descritos en esta guía informativa se desarrollaron para reducir los riesgos asociados a la cirugía de tumor cerebral. Permiten a los neurocirujanos explorar el cerebro para llegar a tumores situados en lugares de difícil acceso, extirpar la mayor cantidad de tumor posible preservando las funciones críticas, reducir el daño al tejido sano cercano, operar en estructuras pequeñas o delicadas del cerebro y extirpar el tumor mediante técnicas menos invasivas.

## QUÉ ESPERAR

Antes de la intervención, el paciente recibirá instrucciones sobre cómo prepararse para la cirugía. El neurocirujano realizará una exploración física, solicitará diferentes análisis de laboratorio y exploraciones de diagnóstico por imágenes, y conversará con el paciente y/o su familia sobre los riesgos y los beneficios de la cirugía y las alternativas a ella<sup>52,79</sup>.

**Durante los días anteriores a la cirugía, ocurrirá lo siguiente**<sup>52,54,79</sup>:

- Es posible que se pida a los pacientes que empiecen a tomar ciertos medicamentos o que los suspendan por un tiempo. A algunos pacientes se les pueden administrar esteroides para reducir el riesgo de edema y/o fármacos antiepilépticos para disminuir el riesgo de convulsiones. Es posible que algunos pacientes deban dejar de tomar anticoagulantes durante un tiempo.

- 
- Los pacientes deben dejar de fumar. Fumar aumenta el riesgo de complicaciones quirúrgicas y puede ralentizar el proceso de cicatrización.
  - A algunos pacientes se les puede pedir que se laven el cabello con un champú especial la noche anterior a la intervención.

#### El día de la cirugía, ocurrirá lo siguiente<sup>52,79</sup>:

- Es probable que se pida a los pacientes que no beban ni coman nada durante varias horas antes de la intervención.
- El equipo de tratamiento puede indicar a los pacientes que toman medicación diaria que tomen determinados medicamentos con un pequeño sorbo de agua.
- Según el tipo de intervención, los pacientes pueden recibir anestesia local (para adormecer la zona quirúrgica), anestesia regional (para bloquear el dolor en la zona quirúrgica o cerca de ella) o anestesia general (para no sentir ningún dolor). La sedación suele administrarse inmediatamente antes de la operación.
- En función del tipo de cirugía, es posible que a los pacientes se les rasure la cabeza, o parte de ella. En la mayoría de las intervenciones mínimamente invasivas, no es necesario rasurar la cabeza.
- La intervención, según el tipo, puede realizarse en el hospital o en régimen ambulatorio.

Inmediatamente después de la intervención, los pacientes son observados con especial atención en una unidad de cuidados postanestésicos (PACU) hasta que están lo suficientemente conscientes y estables para que se los traslade a una unidad de cuidados intensivos neurológicos (UCI neurológica).

En la UCI neurológica, se controla atentamente a los pacientes y se evalúan los cambios neurológicos para determinar el nivel de función cerebral. Se les pueden hacer preguntas, examinar los ojos con una luz o pedirles que realicen tareas sencillas<sup>52</sup>.

El tiempo de recuperación dependerá del tipo de intervención, de la anestesia administrada y del nivel



Tras la cirugía, el paciente es trasladado a una unidad de cuidados especiales. Cortesía de Peter Black, MD, Brigham and Women's Hospital. ©BlueStar Media, LLP.

de funcionamiento del paciente antes de la intervención. Los pacientes pueden necesitar medicamentos para aliviar el dolor, las náuseas y/o la inflamación cerebral (edema). También pueden necesitar distintos tipos de terapia (por ejemplo, fisioterapia, terapia ocupacional y terapia del habla) para recuperar la fuerza, el movimiento, el habla y/o la capacidad de realizar las tareas cotidianas.

Según el tipo de cirugía, los pacientes pueden recibir el alta rápido o pueden tener que permanecer en el hospital un par de días o varios días. Poco después de la intervención, los pacientes se someten a una RM para determinar cuánto del tumor se ha extirpado<sup>6,80</sup>.

Una vez en casa, el paciente debe seguir las instrucciones de cuidado personal que se le hayan dado. Estas pueden incluir el cuidado de las heridas, recomendaciones nutricionales e instrucciones o limitaciones relacionadas con la actividad física. El equipo de atención médica explicará los efectos secundarios a los que el paciente debe estar atento y cuándo debe ponerse en contacto con el médico<sup>79</sup>. Según el tipo de intervención quirúrgica realizada, la recuperación completa de la cirugía cerebral puede llevar semanas (en el caso de una intervención menos invasiva) o meses (tras una craneotomía).

---

## INFORME DE PATOLOGÍA

En el momento de la intervención quirúrgica, el neurocirujano envía un fragmento del tejido tumoral al patólogo. El patólogo examina el tejido, determina el diagnóstico, redacta un informe y lo envía al cirujano. Este proceso suele tardar varios días en completarse. En casos complejos o cuando el tejido se envía a un patólogo de otro hospital para su diagnóstico, puede pasar una semana o más hasta que el cirujano reciba el informe final. Los análisis adicionales para determinados marcadores moleculares y genéticos pueden llevar aún más tiempo.

## CUIDADOS POSTERIORES

Se programará una visita de seguimiento con el neurocirujano y otros integrantes del equipo para conversar sobre los resultados de los análisis, los siguientes pasos del tratamiento (en caso de que sean necesarios) y el pronóstico tras la cirugía. El *pronóstico* hace referencia a las posibilidades que tiene una persona de recuperarse o sobrevivir a una enfermedad. Una visita de seguimiento puede incluir la realización de análisis y/o exploraciones de diagnóstico por imágenes adicionales.

El neurocirujano le comentará sobre los resultados del informe de patología y la siguiente parte del plan de tratamiento. En el caso de algunos tumores cerebrales, es posible que la cirugía sea el único tratamiento necesario, y el paciente solo necesitará enfocarse en la recuperación. En otros, la cirugía es apenas el primer paso del plan de tratamiento. Es importante acudir a las visitas médicas de seguimiento y someterse a las exploraciones y análisis necesarios. Independientemente de la fase de tratamiento, el objetivo del paciente ahora es volver a estar bien.





---

## **INFORMACIÓN, RECURSOS Y APOYO DE LA AMERICAN BRAIN TUMOR ASSOCIATION**

Puede encontrar las guías educativas en nuestro sitio web o solicitarlas en formato impreso y de forma gratuita llamando a la ABTA. La mayoría de las guías están disponibles en español (las que no están disponibles se indican con un asterisco).

### **Información general**

Sobre tumores cerebrales: manual para pacientes y cuidadores

Diccionario de tumores cerebrales\*

Manual de tumores cerebrales para personas recientemente diagnosticadas\*

Manual para cuidadores\*

### **Tipos de tumores**

Ependimoma

Glioblastoma y astrocitoma anaplásico

Meduloblastoma

Meningioma

Tumores cerebrales metastásicos

Oligodendroglioma y oligoastrocitoma

Tumores pituitarios

### **Tratamiento**

Quimioterapia

Ensayos clínicos

Terapia de radiación convencional

Terapia de protones

Radiocirugía estereotáctica\*

Esteroides

Cirugía

## INFORMACIÓN, RECURSOS Y APOYO DE LA AMERICAN BRAIN TUMOR ASSOCIATION

### Información

SITIO WEB DE LA ABTA | [ABTA.ORG](http://ABTA.ORG)

Pone a disposición más de 200 páginas de información, programas, servicios de apoyo y recursos, por ejemplo: localizadores de centros de tratamiento de tumores cerebrales y grupos de apoyo; recursos para cuidadores; actualizaciones de investigaciones, e información sobre tipos de tumores y tratamientos para todas las edades y tipos de tumores.

### Educación y apoyo

- Reuniones y seminarios web educativos de la ABTA  
Reuniones educativas presenciales y virtuales a cargo de profesionales médicos reconocidos a nivel nacional.
- Programa de apoyo de asesores para pacientes y cuidadores de la ABTA  
Comuníquese con un asesor de pacientes o cuidadores capacitado para ayudarlo a afrontar un diagnóstico de tumor cerebral.
- Comunidad ABTA Connections  
Una comunidad de apoyo y debate en línea con más de 25,000 miembros.
- CareLine de ABTA  
Para obtener información y recursos personalizados, llame al 800-886-ABTA (2282) o envíe un correo electrónico a [info@abta.org](mailto:info@abta.org) para ponerse en contacto con un miembro del personal de CareLine.

### Únase

- Participe en un evento de recaudación de fondos de la ABTA.
- Para donar, visite [abta.org/donate](http://abta.org/donate).

### Comuníquese con la ABTA

CareLine: 800-886-ABTA (2282)

Correo electrónico: [info@abta.org](mailto:info@abta.org)

Sitio web: [abta.org](http://abta.org)

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brain Tumor: Introduction. Doctor-Approved Patient Information from ASCO®. 2020. <https://www.cancer.net/cancer-types/brain-tumor/introduction>. (Consultado el 3 de agosto de 2021).
2. Brain Tumor: Grades and prognostic factors. Doctor-Approved Patient Information from ASCO®. 2020. <https://www.cancer.net/cancer-types/brain-tumor/grades-and-prognostic-factors>. (Consultado el 3 de agosto de 2021).
3. Spotlight on brain tumors. 2017. <https://newsinhealth.nih.gov/2017/10/spotlight-brain-tumors>. (Consultado el 8 de septiembre de 2021).
4. What are the most common types of brain tumors? PennMedicine Neuroscience Blog. 5 de noviembre de 2018. <https://www.pennmedicine.org/updates/blogs/neuroscience-blog/2018/november/what-are-the-most-common-types-of-brain-tumors>. (Consultado el 8 de septiembre de 2021).
5. Ostrom Q. T., Patil N., Cioffi G. y otros. CBTRUS Statistical Report: Primary Brain and Other Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States in 2013-2017. *Neuro Oncol.* 2020; 22 (12, suplemento 2):1-96.
6. National Comprehensive Cancer Network. NCCN guidelines for patients®. Brain Cancer: Gliomas. Versión 1. 2021. <https://www.nccn.org/patients/guidelines/content/PDF/brain-gliomas-patient.pdf>. (Consultado el 3 de agosto de 2021).
7. Brain Tumor: Types of treatment. Doctor-Approved Patient Information from ASCO®. 2020. <https://www.cancer.net/cancer-types/brain-tumor/types-treatment>. (Consultado el 3 de agosto de 2021).
8. Batchelor, T. (2020). Patient education: High-grade glioma in adults (Beyond the Basics). En Eichler, A. F. (Ed.), UpToDate. Recuperado de [https://www.uptodate.com/contents/high-grade-glioma-in-adults-beyond-the-basics?search=glioblastoma&topicRef=82941&source=see\\_link](https://www.uptodate.com/contents/high-grade-glioma-in-adults-beyond-the-basics?search=glioblastoma&topicRef=82941&source=see_link). (Consultado el 3 de agosto de 2021).
9. Dietrich, J. (2020). Clinical presentation, diagnosis, and initial surgical management of high-grade gliomas. En Eichler, A. F. (Ed.), UpToDate. Recuperado de [https://www.uptodate.com/contents/clinical-presentation-diagnosis-and-initial-surgical-management-of-high-grade-gliomas?search=glioblastoma&topicRef=5207&source=see\\_link](https://www.uptodate.com/contents/clinical-presentation-diagnosis-and-initial-surgical-management-of-high-grade-gliomas?search=glioblastoma&topicRef=5207&source=see_link). (Consultado el 3 de agosto de 2021).
10. American Association of Neurological Surgeons: Stereotactic Brain Biopsy. 2021. <https://www.aans.org/Patients/Neurosurgical-Conditions-and-Treatments/Stereotactic-Brain-Biopsy>. (Consultado el 3 de agosto de 2021).
11. What are surgical options for brain tumors? 2021. <https://www.brainlab.org/get-educated/brain-tumors/explore-brain-tumor-treatment/what-are-surgical-options-for-brain-tumors/>. (Consultado el 3 de agosto de 2021).
12. PDQ® Adult Treatment Editorial Board. PDQ Adult Central Nervous System Tumors Treatment. Bethesda, MD: National Cancer Institute. Actualizado el 7 de mayo de 2020. <https://www.cancer.gov/types/brain/patient/adult-brain-treatment-pdq>. (Consultado el 3 de agosto de 2021).
13. Loeffler, J. S. (2020). Overview of the treatment of brain metastases. En Eichler, A. F. (Ed.), UpToDate. Recuperado de [https://www.uptodate.com/contents/overview-of-the-treatment-of-brain-metastases?search=metastatic%20brain%20tumor&source=search\\_result&selectedTitle=1-150&usage\\_type=default&display\\_rank=1](https://www.uptodate.com/contents/overview-of-the-treatment-of-brain-metastases?search=metastatic%20brain%20tumor&source=search_result&selectedTitle=1-150&usage_type=default&display_rank=1). (Consultado el 3 de agosto de 2021).
14. Cunha, J. P. How Long Does It Take to Recover from a Brain Biopsy? 2021. [https://www.emedicinehealth.com/how\\_long\\_does\\_it\\_recover\\_from\\_a\\_brain\\_biopsy/article\\_em.htm](https://www.emedicinehealth.com/how_long_does_it_recover_from_a_brain_biopsy/article_em.htm). (Consultado el 3 de agosto de 2021).
15. American Cancer Society. Surgery for Adult Brain and Spinal Cord Tumors. 2020. <https://www.cancer.org/cancer/brain-spinal-cord-tumors-adults/treating/surgery.html>. (Consultado el 7 de septiembre de 2021).
16. U.S. National Library of Medicine. Craniotomy. 2019. [https://medlineplus.gov/ency/presentations/100048\\_1.htm](https://medlineplus.gov/ency/presentations/100048_1.htm). (Consultado el 3 de agosto de 2021).
17. Craniotomy Surgery. 2020. <https://www.healthline.com/health/craniotomy>. (Consultado el 3 de agosto de 2021).
18. National Cancer Institute. NCI Dictionary of Cancer Terms. <https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms>. (Consultado el 3 de agosto de 2021).
19. U.S. National Library of Medicine. Craniotomy for cerebral shunt. 2019. <https://medlineplus.gov/ency/imagepages/9569.htm>. (Consultado el 4 de agosto de 2021).
20. U.S. National Library of Medicine. Ventriculoperitoneal shunting. 2019. <https://medlineplus.gov/ency/article/003019.htm>. (Consultado el 4 de agosto de 2021).
21. Ommaya Reservoir. Oncolink. 2021. <https://www.oncolink.org/cancer-treatment/hospital-helpers/ommay-reservoir>. (Consultado el 8 de agosto de 2021).

22. Ommaya Reservoir. 2018. <https://www.healthline.com/health/ommaya-reservoir>. (Consultado el 8 de agosto de 2021).
23. American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery Foundation. What is skull base surgery? 2021. [https://www.enthealth.org/be\\_ent\\_smart/what-is-skull-base-surgery/](https://www.enthealth.org/be_ent_smart/what-is-skull-base-surgery/). (Consultado el 12 de septiembre de 2021).
24. Johns Hopkins Medicine: Skull Base Surgery. 2021. <https://www.hopkinsmedicine.org/health/treatment-tests-and-therapies/skull-base-surgery>. (Consultado el 12 de septiembre de 2021).
25. Stanford: Skull Base Surgery - Cranial Base Surgery. 2021. <https://stanfordhealthcare.org/medical-treatments/s/skull-base-surgery/procedures.html>. (Consultado el 12 de septiembre de 2021).
26. PDQ® Adult Treatment Editorial Board. PDQ Pituitary Tumors Treatment. Bethesda, MD: National Cancer Institute. Actualizado el 24 de septiembre de 2020. Disponible en <https://www.cancer.gov/types/pituitary/patient/pituitary-treatment-pdq>. (Consultado el 4 de agosto de 2021).
27. Mayfield Brain & Spine: Endoscopic pituitary surgery (transsphenoidal). 2021. <https://mayfieldclinic.com/pe-endopitsurg.htm>. (Consultado el 14 de septiembre de 2021).
28. American Cancer Society: Surgery for Pituitary Tumors. 2017. <https://www.cancer.org/cancer/pituitary-tumors/treating/surgery.html>. (Consultado el 14 de septiembre de 2021).
29. Salem, U.; Kumar, V. A.; Madewell, J. E. y otros. Neurosurgical applications of MRI guided laser interstitial thermal therapy (LITT). *Cancer Imaging*. 2019. 19(1):65.
30. Chen, C.; Lee, I.; Tatsui, C. y otros. Laser interstitial thermotherapy (LITT) for the treatment of tumors of the brain and spine: a brief review. *Journal of Neuro-Oncology*. 2021. 151:429-42.
31. American Cancer Society. What's New in Adult Brain and Spinal Cord Tumor Research? 2020. <https://www.cancer.org/cancer/brain-spinal-cord-tumors-adults/about/new-research.html>. (Consultado el 14 de septiembre de 2021).
32. Duke Health: Laser Interstitial Thermal Therapy (LITT). 2021. <https://www.dukehealth.org/treatments/neurosurgery/laser-interstitial-thermal-therapy>. (Consultado el 14 de septiembre de 2021).
33. UCSF Brain Tumor Center: Laser interstitial thermal therapy (LITT). 2021. <https://braintumorcenter.ucsf.edu/treatment/surgery/laser-interstitial-thermal-therapy-litt>. (Consultado el 14 de septiembre de 2021).
34. Magnetic Resonance, Functional (fMRI) – Brain. 2018. <https://www.radiologyinfo.org/en/info/fmribrain>. (Consultado el 4 de agosto de 2021).
35. (Texas Oncology) Surgery for Brain Tumors. 2021. <https://www.texasoncology.com/types-of-cancer/brain-cancer/surgery-for-brain-tumors>. (Consultado el 8 de septiembre de 2021).
36. New Jersey Brain and Spine: Cortical Motor Mapping. 2021. <https://njbrainspine.com/treatment/brain-mapping-awake-brain-surgery/>. (Consultado el 21 de septiembre de 2021).
37. National Institute of Neurological Disorders and Stroke. Neurological Diagnostic Tests and Procedures Fact Sheet. 2019. <https://www.ninds.nih.gov/Disorders/Patient-Caregiver-Education/Fact-Sheets/Neurological-Diagnostic-Tests-and-Procedures-Fact>. (Consultado el 4 de agosto de 2021).
38. Hardesty, D. A.; Nakaji, P. The current and future treatment of brain metastases. *Frontiers in Surgery*. 25 de mayo de 2016. 3:30.
39. National Institute of Neurological Disorders and Stroke. Brain and Spinal Cord Tumors: Hope Through Research. 2020. <https://www.ninds.nih.gov/Disorders/Patient-Caregiver-Education/Hope-Through-Research/Brain-and-Spinal-Tumors-Hope-Through#neurosurgery>. (Consultado el 4 de agosto de 2021).
40. Mayo Clinic: Intraoperative magnetic resonance imaging (iMRI). 2021. <https://www.mayoclinic.org/tests-procedures/intraoperative-magnetic-resonance-imaging/about/pac-20394451>. (Consultado el 22 de septiembre de 2021).
41. Cottage Health - Santa Barbara Neuroscience Institute. Intraoperative Magnetic Resonance Imaging (iMRI). 2021. <https://www.cottagehealth.org/services/neuroscience/intraoperative-magnetic-resonance-imaging-imri/>. (Consultado el 22 de septiembre de 2021).
42. U.S. National Library of Medicine. Endovascular embolization. 2019. <https://medlineplus.gov/ency/article/007277.htm>. (Consultado el 4 de agosto de 2021).
43. Columbia University: Embolization. 2021. <https://www.neurosurgery.columbia.edu/patient-care/treatments/embolization>. (Consultado el 29 de septiembre de 2021).
44. Stine, C. A.; Munson, J. M. Convection-enhanced delivery: connection to and impact of interstitial fluid flow. *Frontiers in Oncology*. 2019. 9:966.
45. Saucier-Sawyer, J. K.; Seo, Y. E.; Gaudin, A. y otros. Distribution of polymer nanoparticles by convection-enhanced delivery to brain tumors. *Journal of Controlled Release*. 2016. 232:103-12.

46. Vogelbaum, M. A.; Aghi, M. K. Convection-enhanced delivery for the treatment of glioblastoma. *Journal of Neuro-Oncology*. 2015. 17(S2):3-8
47. American Cancer Society. How Lasers Are Used to Treat Cancer. 2020. <https://www.cancer.org/treatment/treatments-and-side-effects/treatment-types/lasers-in-cancer-treatment.html>. (Consultado el 6 de octubre de 2021).
48. Belykh, E.; Yagmurlu, K.; Martirosyan, N. L. y otros. Laser application in neurosurgery. *Surgical Neurology International*. 2017. 8:274.
49. El Beltagy, M. A.; Atteya, M. M. E. Benefits of endoscope-assisted microsurgery in the management of pediatric brain tumors. *Neurosurgical Focus*. 2021. 50(1):E7.
50. Columbia Neurosurgery: Microsurgery. <https://www.neurosurgery.columbia.edu/patient-care/treatments/microsurgery>. (Consultado el 6 de octubre de 2021).
51. Buntic, R. Microsurgery Definition. 2021. <https://www.microsurgeon.org/microsurgerydef#topOfPage>. (Consultado el 6 de octubre de 2021).
52. U.S. National Library of Medicine. Brain Surgery. 2019. <https://medlineplus.gov/ency/article/003018.htm>. (Consultado el 4 de agosto de 2021).
53. American Society of Anesthesiologists. Brain Surgery. 2021. <https://www.asahq.org/madeforthismoment/preparing-for-surgery/procedures/brain-surgery/>. (Consultado el 3 de agosto de 2021).
54. Cleveland Clinic: Brain Surgery. 2021. <https://my.clevelandclinic.org/health/treatments/16802-brain-surgery>. (Consultado el 3 de agosto de 2021).
55. Moffitt Cancer Center: Neuroendoscopy for Brain Cancer. 2021. <https://moffitt.org/cancers/brain-cancer/treatment/surgery/neuroendoscopy/>. (Consultado el 9 de agosto de 2021).
56. American Cancer Society. Getting Photodynamic Therapy. 2020. Getting Photodynamic Therapy (cancer.org). (Consultado el 6 de octubre de 2021).
57. American Cancer Society. Definiciones del glosario. 2021. <https://www.cancer.org/cancer/glossary.html>. (Consultado el 3 de agosto de 2021).
58. Carmustine Wafer. 2021. <https://chemocare.com/chemotherapy/drug-info/carmustine-wafer.aspx>. (Consultado el 10 de octubre de 2021).
59. National Cancer Institute: Carmustine Implant. 2019. <https://www.cancer.gov/about-cancer/treatment/drugs/carmustineimplant>. (Consultado el 10 de octubre de 2021).
60. Administración de Alimentos y Medicamentos de los EE. UU. Highlights of prescribing information: Gliadel wafer. Diciembre de 2018. [https://www.accessdata.fda.gov/drugsatfda\\_docs/label/2018/020637s0291bl.pdf](https://www.accessdata.fda.gov/drugsatfda_docs/label/2018/020637s0291bl.pdf). (Consultado el 10 de octubre de 2021).
61. Chowdhary, S. A.; Ryken, T.; Newton, H. B. Survival outcomes and safety of carmustine wafers in the treatment of high-grade gliomas: a meta-analysis. *Journal of Neuro-Oncology*. 2015. 122:367-82.
62. UCSF Brain Tumor Center: Brachytherapy. 2022. <https://braintumorcenter.ucsf.edu/treatment/radiation-therapy/brachytherapy>. (Consultado el 28 de febrero de 2022).
63. (Texas Oncology). Radiation Therapy for Brain Tumors. 2022. <https://www.texasoncology.com/types-of-cancer/brain-cancer/radiation-therapy-for-brain-tumors#:~:text=Brachytherapy%20is%20the%20delivery%20of,the%20tumor%20from%20the%20inside>. (Consultado el 28 de febrero de 2022).
64. Rogers, L.; Nakaji, P.; Youssef, E. y otros. Resection and surgically targeted radiation therapy for initial salvage treatment of aggressive meningioma: results from a prospective trial. Presentado en CNS 2020 Virtual Meeting. 30 de septiembre de 2020.
65. Brachman, D.; Nakaji, P. y otros. A prospective trial of resection plus surgically targeted radiation therapy for brain metastasis. Póster presentado en SNO 2020 Virtual Conference on Brain Metastases. 14 de agosto de 2020.
66. Data on file, GT Medical Technologies, Inc.
67. Tsien, C.; Pugh, S.; Dicker, A. P. y otros. Randomized phase II trial of re-irradiation and concurrent bevacizumab versus bevacizumab alone as treatment for recurrent glioblastoma (NRG Oncology/RTOG 1205): initial outcomes and RT plan quality report. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*. 2019. 105(1):578.
68. U.S. National Library of Medicine. Robotic Surgery. 2019. <https://medlineplus.gov/ency/article/007339.htm>. (Consultado el 4 de agosto de 2021).

69. Brigham and Women's Hospital. The ROSA™ Robotic Surgical Assistant. 2021. <https://www.brighamandwomens.org/neurosurgery/rosa-neurosurgical-technology>. (Consultado el 13 de octubre de 2021).
70. Sutherland, G. R.; Maddahi, Y.; Gan, L. S. y otros. Robotics in the neurosurgical treatment of glioma. *Surgical Neurology International*. 2015. 6:1-8.
71. Minchev, G.; Kronreif, G.; Ptacek, W. y otros. Frameless stereotactic brain biopsies: comparison of minimally invasive robot-guided and manual arm-based technique. *Operative Neurosurgery*. 2020. 19(3):292-301.
72. Legnani, F. G.; Franzini, A.; Mattei, L. y otros. Image-guided biopsy of intracranial lesions with a small robotic device (iSYS1): a prospective, exploratory pilot study. *Operative Neurosurgery*. 2019;17(4):403-12.
73. Ledderose, G. J.; Thon, N.; Rächinger, W. y otros. Use of an ultrasonic aspirator in transnasal surgery of tumorous lesions of the anterior skull base. *Interdisciplinary Neurosurgery*. 2019. 18:100545.
74. Henzi, S.; Krayenbuhl, N.; Bozinov, O. y otros. Ultrasonic aspiration in neurosurgery: comparative analysis of complications and outcome for three commonly used models. *Acta Neurochir*. 2019; 161(10):2073-82.
75. The International Society for Fluorescence Guided Surgery. Fluorescence guided surgery FAQ. 2021. <https://isfsgs.org/what-is-fluorescence-guided-surgery/>. (Consultado el 9 de agosto de 2021).
76. Schupper, A. J.; Rao, M.; Mohammadi, N. y otros. Fluorescence-guided surgery: a review on timing and use in brain tumor surgery. *Frontiers in Neurology*. 2021. 12:682151.
77. Hadjipanayis, C. G.; Stummer, W. 5-ALA and FDA approval for glioma surgery. *Journal of Neuro-Oncology*. 2019. 141(3):479-86.
78. Mirza, A. B.; Christodoulides, I.; Lavrador, J. P. y otros. 5-aminolevulinic acid-guided resection improves the overall survival of patients with glioblastoma-a comparative cohort study of 343 patients. *Neuro-Oncology Advances*. 2021. 3(1):1-11.
79. What to expect when having surgery. Doctor-Approved Patient Information from ASCO®. 2019. <https://www.cancer.net/navigating-cancer-care/how-cancer-treated/surgery/what-expect-when-having-surgery>. (Consultado el 3 de agosto de 2021).
80. Bruce, J. N. 2019. Glioblastoma Multiforme. En Engelhard, H. H. (Ed.), *Medscape*. <https://emedicine.medscape.com/article/283252-overview>. (Consultado el 3 de agosto de 2021).

AMERICAN BRAIN TUMOR ASSOCIATION

8550 W. Bryn Mawr Avenue, Suite 550

Chicago IL 60631

**Para obtener  
más información:**

Sitio web: [abta.org](http://abta.org)

CareLine: 800-886-ABTA (2282)

Correo electrónico: [info@abta.org](mailto:info@abta.org)



American  
Brain Tumor  
Association®

*Providing and pursuing answers™*