

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA DE MEDICINA



TÍTULO:

“Análisis comparativo de las técnicas de mapeo cerebral y neuroestimulación en la cirugía de gliomas de bajo grado, en pacientes mayores de 18 años en Estados Unidos del 2015 al 2021

Nombre del/los sustentantes (s):

Vanessa Cardona Sánchez

Liz Mariel Bernard Ramírez

Tutor:

Dr. José A. Quesada Gómez

Año 2022

Modalidad de tesis para optar por el grado de Licenciatura en Medicina y Cirugía

II. Tribunal examinador

Nombre

Puesto

Nombre

Puesto

Nombre

Puesto

Nombre

Puesto

III. Resumen

Justificación: La presente revisión bibliográfica se realiza con el objetivo de exponer mediante el análisis de la evidencia científica, cuál es la técnica más apropiada para los pacientes que presenten gliomas de bajo grado cerebral y ameritan cirugía, en un rango de edad desde los 18 a los 45 años, con base en la experiencia estadounidense en el periodo comprendido entre 2015 y 2021.

Tal revisión se realiza con el objetivo de investigar y dar a conocer los beneficios de la craneotomía con paciente despierto para realizar neuroestimulación intracraneal bipolar con el propósito de mapear áreas elocuentes del cerebro y, de esta manera, reducir los riesgos dañar tales zonas y extender la resección de gliomas de bajo grado. Se toma como base la experiencia estadounidense porque las intervenciones de este tipo se han hecho y estudiado mayoritariamente en el país norteamericano, en donde, además, se concentra la mayoría de la bibliografía disponible; el rango etario se escoge en función del hecho de que la mayoría de los pacientes se encuentra dentro de este. A hora bien, el periodo que se privilegia corresponde a la consideración de los estudios más actualizados.

La razón para realizar este estudio es explicar, con base en bibliografía especializada, el motivo por el cual debe considerarse el procedimiento de neuroestimulación intracraneal para mapeo cortical y subcortical con paciente despierto en la resección de gliomas de bajo grado, pues de esta manera los avances estadounidenses recientes, pueden servir como punto

de apoyo para estandarizar el proceso, esto, claro, con el propósito de mejorar la calidad de vida y aumentar la sobre vida de los pacientes que sufren de dicha patología

Objetivo:

Determinar los múltiples beneficios de la técnica de mapeo cerebral mediante neuroestimulación bipolar para resecciones quirúrgicas en pacientes de 18 a 45 años con glioma de bajo grado en Estados Unidos.

Metodología: El tipo de estudio es descriptivo pues busca propiedades y particularidades del método de neuroestimulación intracraneal para mapeo cerebral en el procedimiento de resección de gliomas de bajo grado. Asimismo, es una investigación de revisión bibliográfica pues sus fuentes de información se encuentran en artículos, libros y tesis relacionadas con el tema. Los motores de búsqueda incluyen Google académico, Pub med y bases de datos de Access Medica con rangos entre el 2012 (textos de apoyo o no especializados) y 2015- 2022 (textos relacionados directamente con el objetivo). Se usaron como descriptores: “Neuroestimulación,” “Mapeo cerebral,” “Estimulación eléctrica intracraneal,” “Craneotomía con paciente despierto;” entre otros. Se seleccionaron 23 artículos especializados, 7 capítulos de 7 libros especializados y una tesis de grado.

Resultados: Los gliomas de bajo grado son los tumores primarios más comunes y mayoritariamente afectan a personas entre los 18 años y los 45 años. Debido a que son tumores que se infiltran el parénquima cerebral pueden encontrarse dentro o adyacentes a

áreas elocuentes, esto afecta la resección de tejido tumoral en su totalidad, lo cual implica que las opciones de los pacientes, en cuanto a nivel de vida y sobrevivencia, se reduzcan.

Como respuesta a esta problemática se propone la técnica de craneotomía para permitir la estimulación intracraneal bipolar, esta estimulación permite mapear zonas corticales o subcorticales de difícil acceso y aumentan la posibilidad de extender la resección de gliomas de bajo grado; durante el proceso de estimulación, el paciente se encuentra despierto, lo que permite mejorar la medición de las funciones analizadas.

La técnica de estimulación intracraneal bipolar para mapeo de zonas cerebrales de difícil acceso con la finalidad de reseccionar gliomas de bajo grado posee una serie de beneficios que la convierten en el procedimiento de estándar dorado para este tipo de intervenciones; sin embargo, hay una serie de contraindicaciones que propician que el equipo que llevará a cabo la cirugía trabaje de manera coordinada en la selección de los pacientes elegibles.

Conclusión: Los beneficios del procedimiento descrito justifican que se discuta en círculos especializados la posibilidad de llevarlo a cabo cuando las condiciones del paciente lo permitan, pues no desmejora en la calidad de vida y aumenta la sobrevida del intervenido. Por esta razón, es recomendable que los profesionales que están en condiciones de participar en el procedimiento se capaciten en los Estados Unidos, en donde el procedimiento ha dado resultados favorables. En esta línea de ideas es importante que los profesionales de la salud se motiven a sub especializarse.

Palabras clave: Gliomas de bajo grado, neuroestimulación intracraneal, craneotomía con paciente despierto.

Abstract:

The purpose of this review is to investigate and report on the benefits of awake patient craniotomy to perform bipolar intracranial neurostimulation for the purpose of mapping eloquent areas of the brain and, in this manner, reduce the risks of damaging such areas and extend the resection of low-grade gliomas. The U.S. records are taken as a basis because interventions and studies on regard of this matter have been mostly in the United States, where, in addition, the majority of the available literature is concentrated. The age range is chosen on the fact that most of the patients with this condition are in fact, between these ages. However, the periods that correspond to these facts are in consideration with the most updated studies in relation to this matter.

The bibliographical review is carried out with the objective of exposing, through the analysis of scientific evidence, which is the most appropriate technique for patients who present low-grade cerebral gliomas that require surgery, in the age range between 18 to 45 years old, based on the records from The United States of America in the period between 2015 and 2021.

The reason behind carrying out this study is to explain, based on specialized studies, the concept of why should the intracranial neurostimulation procedure for cortical and

subcortical mapping with awake patient in the resection of low-grade gliomas should be considered. Accordingly, recent U.S. advances can serve as a support point to standardize this process with the purpose of improving the quality of life and increase the survival rate of patients suffering from this pathology.

IV. Declaración jurada de autoría intelectual

Yo _____ mayor de edad, portador de la cédula de identidad número _____ hago constar por medio de este acto y debidamente apercebido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Calificador de mi trabajo de investigación para optar por el grado de _____, en _____ juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: _____

_____ , es una obra original e inédita que ha respetado todo lo preceptuado por las leyes penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; Artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que pueda considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los _____ días del mes de _____ de _____

Firma y cédula del estudiante

Yo _____ mayor de edad, portador de la cédula de identidad número _____ hago constar por medio de este acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Calificador de mi trabajo de investigación para optar por el grado de _____, en _____ juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: _____

_____,
es una obra original e inédita que ha respetado todo lo preceptuado por las leyes penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; Artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que pueda considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los _____ días del mes
de _____ de _____

Firma y cédula del estudiante

V. Agradecimientos

Esta tesis es el resultado del esfuerzo conjunto de todos los integrantes que hicieron posible la realización de este proyecto, por esto agradecemos a nuestro tutor el Dr. José Alexis Quesada, quien nos ha motivado a lo largo de este tiempo y ha puesto a prueba nuestras capacidades y conocimientos en el desarrollo de esta investigación la cual ha finalizado llenando todas nuestras expectativas.

Agradecemos a nuestros padres, parejas y familiares quienes a lo largo de nuestra carrera nos han apoyado y motivado en nuestra formación académica y en la realización de nuestros sueños, creyendo en nosotras en todo momento y nunca dudando de nuestras habilidades.

A nuestros profesores a quienes debemos gran parte de nuestro conocimiento, gracias a su paciencia y enseñanzas, y finalmente un agradecimiento a la Universidad Internacional de las Américas por brindarnos las herramientas y darnos la preparación adecuada para volvernos profesionales capacitados y así poder ejercer nuestra carrera con amor y responsabilidad.

VI. Dedicatoria

Vanessa:

Quiero dedicarle esta tesis primero que todo a Dios por permitirme estudiar esta carrera que me apasiona y da la oportunidad de ayudar a personas, por darme vida y salud para poder llegar hasta aquí.

Agradezco a mi esposo Marco Murillo por ser mi apoyo incondicional en todo momento, por mostrarme que con esfuerzo y dedicación se puede lograr todo lo que uno se proponga sin importar lo difícil que sea el camino y por motivarme a dar lo mejor de mí en cada una de las cosas que hago.

Gracias infinitas a mi madre por ser mi ejemplo a seguir de esfuerzo, perseverancia y por darme siempre palabras de aliento para salir adelante, a mi hermana Mell por acompañarme siempre con una sonrisa en esas noches de estudio y por motivarme a crecer siempre de una forma amorosa.

Agradezco a mi Papá porque con su vocación desde pequeña despertó en mí el interés y el amor por la medicina

A mi mejor amiga Katherine que desde el inicio de nuestra carrera me ha dado su apoyo incondicional en todo momento.

A mi compañera de tesis porque a pesar de los días de cansancio, con esfuerzo y dedicación concluimos este proyecto.

Todos ellos fueron pilares fundamentales para cumplir este gran sueño

Liz:

Dedico este proyecto de tesis a mi padre y a mi madre, ya que, gracias a su esfuerzo, logré completar esta etapa de mi carrera profesional. A mi abuela por su amor incondicional. A mi hermano por su apoyo. A mi pareja, quien con su amor y motivación facilitó mis años de estudio. Y a mi perro Pistacho, que me acompañó en mis noches de estudio durante toda la carrera.

VII Tabla de contenidos

II. Tribunal examinador	i
III. Resumen.....	ii
IV. Declaración jurada de autoría intelectual	vii
V. Agradecimientos	ix
VI. Dedicatoria.....	x
VII Tabla de contenidos	xii
IX Abreviaturas.....	xv
CAPÍTULO I- INTRODUCCIÓN	1
1.1 Introducción	1
1.1.1 Antecedentes históricos.....	3
1.1.2 Antecedentes internacionales:	4
1.1.3 Antecedentes nacionales.....	7
1.1.4 Justificación:	8
1.2 Planteamiento del Problema.....	9
1.3. Objetivos	12
1.3.1. Objetivo General	12
1.3.2. Objetivos Específicos.....	12
CAPÍTULO II- MARCO TEÓRICO	12
2. Marco teórico	13
2.1 Gliomas de bajo grado.....	13
2.1.1 Papel de la enzima isocitrato deshidrogenasa (IDH) en relación con los gliomas de bajo grado: una posible etiología.	15
2.2 Mapeo Cerebral.....	16
2.2.1 Mapeo cortical y subcortical:	19
2.3 Neuroestimulación	20
2.3.1 Estimulación bipolar:	22
2.3.2 Resonancia magnética funcional (fRM):.....	22
2.4 Cirugía con paciente despierto.....	23

2.5 Anatomía del cerebro.....	24
2.5.1 Composición celular.....	24
2.5.2 Partes integrantes del encéfalo	27
CAPÍTULO III- MARCO METODOLÓGICO	27
3.1 Enfoque de la investigación	28
3.2 Tipo de estudio	28
3.3 Elección del diseño	29
3.4 Fuentes de información	29
3.5 Criterios de búsqueda	30
3.5.1 Criterios de inclusión y exclusión	34
3.6 Análisis de la información.....	35
3.6.1 Clasificación por subtemas.....	36
3.6.2 Clasificación según nivel de evidencias	36
CAPÍTULO IV- RESULTADOS.....	37
4.1 Viabilidad del proceso de craneotomía con paciente despierto para resección de gliomas de bajo grado según condiciones médicas de los pacientes	38
4.2 Beneficios de las técnicas de neuroestimulación bipolar para mapeo cerebral aplicadas a la resección de gliomas de bajo grado en pacientes despiertos.....	45
4.3 Impacto sobre la calidad de vida y sobrevida de los pacientes de las técnicas de neuroestimulación bipolar para mapeo cerebral aplicadas a la resección de gliomas de bajo grado.....	57
CAPÍTULO V- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1 Conclusiones:	63
5.2 Recomendaciones.....	65
CAPÍTULO VI – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
Capítulo VII - Anexos	71

VII. Lista de Tablas

Tabla 1. Clasificación de gliomas	14
Tabla 2. Técnicas de mapeo cerebral	18
Tabla 3. Composición celular del sistema nervioso central	24
Tabla 5. Criterios de búsqueda según objetivos	31
Tabla 6. Criterios de inclusión y exclusión	34
Tabla 7. Contraindicaciones para craneotomías con paciente despierto para resección de gliomas de bajo grado	41
Tabla 8. Beneficios por autor de las técnicas de neuroestimulación bipolar para mapeo cerebral aplicadas a la resección de gliomas de bajo grado en pacientes despiertos	54
Tabla 9. Proceso de mapeo cerebral desde la perspectiva del cuidado relación con el impacto sobre la calidad de vida y sobrevida del paciente	58

IX Abreviaturas

DBS----- Estimulación Cerebral Profunda (Deep Brain Stimulation)

DES----- Estimulación Eléctrica Directa

EOR----- Extensión de la Resección

HF----- Alta y Baja Frecuencia

IDH----- Enzima Isocitrato Deshidrogenasa

ISM -----Mapeo de Estimulación Intraoperatoria

RMf----- Resonancia Magnética Funcional

SNC- CNS----- Sistema Nervioso Central (Central Nervous System)

SG----- Supervivencia General

CAPÍTULO I- INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

El manejo de los pacientes con gliomas de bajo grado, ha sido un tema controversial en la medicina de los últimos años por las múltiples opiniones de los especialistas respecto a su tratamiento. Los gliomas son un grupo de neoplasias del sistema nervioso central provenientes de células neurogliales, cuya función es dar soporte a las neuronas del cerebro. Los gliomas de bajo grado tienen un crecimiento lento de las lesiones, siendo estos menos frecuentes que los de alto grado, y comúnmente se da en adultos jóvenes menores de 40 años. Su pronóstico es favorable en comparación con los de alto grado. Aún no se conocen con certeza las causas de los gliomas, pero existen algunas alteraciones genéticas como mutaciones y deleciones cromosómicas que se cree que tienen un papel importante en su etiología, así también como la radiación.

El mapeo cerebral es una técnica que requiere intervención intracraneal mediante craneotomía, gracias a esta técnica se logra neuroestimulación bipolar en el cerebro con el objetivo de obtener mapas corticales y subcorticales que refieran ubicaciones seguras de resección de gliomas de bajo grado.

La neuroestimulación cerebral, consiste en implantar electrodos dentro de algunas zonas cerebrales para obtener lecturas de funciones motoras, de lenguaje, memoria, entre otras.

El propósito de esta tesis es determinar cuál es la mejor técnica para los pacientes con gliomas de bajo grado cerebral que ameriten cirugía, y así minimizar las posibles

complicaciones y efectos secundarios dañinos para la vida del paciente. Se hará énfasis en las técnicas de neuroestimulación bipolar para mapear el cerebro a nivel cortical y subcortical.

1.1. Antecedentes y justificación:

En este apartado se hará un examen de los artículos más recientes relacionados con los objetivos de la presente investigación. Luego de una revisión exhaustiva y minuciosa, se he encontrado que los trabajos que se pueden considerar en este apartado tienen la particularidad de que representan únicamente antecedentes internacionales, puesto que a nivel de Costa Rica no se encontró bibliografía al respecto.

Otra consideración que se debe tomar en cuenta es que en muchas ocasiones dos o más artículos aportan información similar, por lo que se considerará una muestra representativa pero no repetitiva de lo que sobre las técnicas de craneotomía en pacientes despiertos para neuroestimulación con el propósito de realizar mapeo cerebral en la cirugía de gliomas cerebrales de bajo grado se ha examinado. De esta manera se pretende tener un panorama general sobre el tema. En síntesis, las coordenadas que se han trazado para delimitar los antecedentes se han establecido en función de su actualidad y de su variedad. No obstante, también se considerarán algunos antecedentes históricos, es con estos que se procederá a continuación.

1.1.1 Antecedentes históricos.

Gogos et al. ¹ ofrecen un panorama histórico relacionado con el tema que se está tratando. Refieren, entre otros datos, el primer caso de estimulación eléctrica en un cerebro humano, el cual tuvo lugar en el año de 1874. Se trataba de un paciente con un tumor que causaba erosión craneal: el caso reportó críticas éticas pues fue sumamente invasivo y no reportó beneficios a nivel terapéutico. Los autores también notician el método pionero de Penfield y Boldrey en el año de 1935, en donde realizaron una craneotomía con paciente despierto y estimulación eléctrica, dicho método combinado tenía como finalidad tratar la epilepsia mediante la identificación de focos epileptógenos.

Luego de esta mejora considerable en relación con el violento e ineficaz experimento del Siglo XIX, se da un avance importante en el año de 1970, este viene dado por George Ojemann ¹, quien desarrolló pruebas sistematizadas para identificar y evitar daños en el cerebro funcional y el uso de corriente bifásica de pulso constante. Años después, Berger se uniría a Ojemann y continuarían usando sus métodos en paciente con tumores cerebrales, haciendo que la técnica del mapeo subcortical se apreciara más desde entonces.

Este esfuerzo pionero se perfeccionó y con el paso del tiempo su utilidad se vio refrendada, pues según Muster et al: “El mapeo de ECS provoca cambios fisiológicos en tiempo real que pueden usarse para guiar las resecciones quirúrgicas y minimizar la morbilidad posoperatoria.” ² Esto es de suma importancia pues los gliomas son el tumor intrínseco primario más común y se distinguen por su capacidad de infiltrarse en el parénquima cerebral circundante, por lo que la técnica anteriormente mencionada minimiza

los riesgos propios de la resección de estos. Además, las técnicas intraoperatorias de distinción de tejidos tumorales de no tumorales y de áreas funcionales de áreas no funcionales (moléculas fluorescentes, imágenes de resonancia magnética intraoperatoria, y estimulación electrocortical ECS) también mejoran la resección y reducen los riesgos intraoperatorios y posoperatorios.

1.1.2 Antecedentes internacionales:

Núñez et al.³ realizaron una guía que muestra los pasos a seguir para el manejo oportuno y realización de cirugía de resección tumoral a pacientes despiertos. Dicho esfuerzo contó con un amplio equipo multidisciplinario compuesto por varios especialistas en el tema, esto con el propósito de darle un mejor abordaje al paciente involucrado, mejorar su expectativa y calidad de vida, así como también hacer la mayor resección posible del tumor. En el artículo citado líneas arriba, también se considera que el hecho de que el paciente esté despierto representa un estándar ideal.

Prat et al.⁴ realizaron un análisis comparativo entre los resultados de la cirugía con anestesia general y sin mapeo cerebral y la cirugía con mapeo cerebral y paciente despierto. En este análisis se encontró que el grupo de pacientes intervenido con anestesia general y sin mapeo cerebral tuvo la peor evolución, especialmente en aquellos casos en que la localización se ubicaba en las zonas parietales e insulares. Por otra parte, el grupo de pacientes intervenido con mapeo cerebral y sin anestesia obtuvo mejores resultados a nivel general. Pues como se apunta en el estudio se mejora la extensión de resección de glioma y se incrementan los beneficios posoperatorios.

Los autores concluyen que la cirugía con paciente despierto y ioBM en gliomas de bajo grado, debe considerarse un procedimiento viable y deseable, pues incrementa la extensión de resección y evita lesiones en las áreas comprometidas (lenguaje, funciones cognitivas, cognición social), especialmente en las ubicaciones parietales e insulares ⁴.

En el párrafo anterior se hizo referencia a posibles complicaciones en el procedimiento de cirugía de glioma de bajo grado, con respecto a esto Cocherau et al. ⁵ refieren que una de las causas más comunes se debe a la alteración de la sustancia blanca. En su estudio evaluó a 270 pacientes con complicaciones posoperatorias. Luego de una consideración de diversas áreas, se diferenciaron dos aspectos fundamentales de los datos de comportamiento: EF y lenguaje: “Estos resultados fueron confirmados por análisis del comportamiento de desconexión, nuestros resultados indican que la ruptura relacionada con la cirugía de conectividad fronto parietal y la conectividad frontoparietal y cortico-subcortical frontal, y del tracto frontal y lateral, está relacionada con deficiencias de EF”. Esto insta un conocimiento útil en dos frentes: preparación de la cirugía y enfoque predictivo de posibles trastornos neurológicos.

Este enfoque predictivo, claro está, tiene como propósito central proyectar un procedimiento con la menor afectación posible de la funcionalidad de las zonas implicadas. Con respecto a este empeño, Gogos et al. ¹ trazan, en primera instancia, la noción de equilibrio. Los elementos que se ponen en la balanza son, por una parte, la extensión de resección y, por otra parte, la preservación de la función neurológica. Estos aspectos se

cotejan en función de la supervivencia general de los pacientes con gliomas de alto y bajo grado, los cuales tienen mejores opciones en este aspecto si la resección es más extendida.

Ahora bien, los autores citados en el párrafo anterior establecen que, si el paciente está despierto a la hora de la intervención quirúrgica, las opciones para mantener un equilibrio óptimo entre resección extendida y preservación de la función neurológica se incrementan, lo que, de hecho, está en consonancia con lo planteado por Prat et al. ⁴.

Gerritsen et al. ⁶ plantean que el mapeo de estimulación intraoperatoria (ISM) mediante mapeo electrocortical (craneotomía despierta, AC), representa una opción plausible para la resección de gliomas supratentoriales de bajo grado; no obstante, hacen la salvedad de que no sucede lo mismo con los gliomas de alto grado. Esto se debe a que estos últimos (llamados glioblastomas cuando son de grado 4) son tumores muy agresivos con uno de los pronósticos menos alentadores de la oncología; además de esto, suelen ubicarse en áreas elocuentes del cerebro, lo cual dificulta el proceso intraoperatorio, pues de acuerdo con los autores, las posibilidades de resección sin riesgo de déficit neurológico se minimizan y el efecto de la radioterapia y quimioterapia es menos eficaz cuando la resección es parcial.

Ahora bien, Gerritsen et al. ⁶, establecen que múltiples estudios respaldan que la resección de la parte del tumor que realza el contraste incrementa los niveles de supervivencia en pacientes con glioblastoma. Sin embargo, en el presente trabajo investigativo se hace énfasis en los gliomas de bajo grado por lo que la mención de esta particularidad en los antecedentes es básicamente informativa.

Por otra parte, si se retoma la senda hacia la parte que involucra esta investigación, es preciso regresar al inicio del anterior párrafo y considerar que la (ISM) permite reducir los daños (corticales y subcorticales) en las partes elocuentes durante la resección. Hay evidencia que respalda esta afirmación. Rossi et al. ⁷ concuerdan con la noción de que el uso de técnicas de mapeo cerebral incrementa las posibilidades de lograr una mayor resección tumoral con las ventajas que esto suscita para el paciente. En la preservación de áreas funcionales y preservación de la calidad de vida

La lógica implícita en los artículos hasta ahora revisados comporta un objetivo claramente establecido: quitar la mayor cantidad de tejido tumoral posible (gliomas de bajo grado) manteniendo la mayor calidad de vida del paciente; para tal objetivo, el conjunto de técnicas que permiten la neuroestimulación intracraneal para mapeo cerebral en paciente despierto suele ser el más efectivo. Actualmente, la neurocognición se considera una función crucial para mantener la calidad de vida. Esto es importante porque en el caso de los gliomas de bajo grado los periodos de supervivencia son largos y los síntomas se pueden tratar con la medicación correcta ⁸.

1.1.3 **Antecedentes nacionales**

Luego del proceso de escrutinio, no se encontró bibliografía a nivel nacional relacionada con el tema u objetivos de la presente investigación, ni como antecedentes históricos ni como antecedentes nacionales.

1.1.4 **Justificación:**

La presente revisión bibliográfica se realiza con el objetivo de exponer mediante el análisis de la evidencia científica, cuál es la técnica más apropiada para los pacientes que presenten gliomas de bajo grado cerebral y ameritan cirugía, en un rango de edad desde los 18 a los 45 años, con base en la experiencia estadounidense en el periodo comprendido entre 2015 y 2021.

Debido a la gravedad inherente al diagnóstico de enfermedad por gliomas (grados I, II, III) o glioblastomas (grado IV) es importante contar con una clarificación respecto a las técnicas y procedimientos más efectivos. A modo de referencia, Jasper et al.⁹ refieren que los glioblastomas, por ejemplo, afectan a 6 de cada 100000 habitantes, aunque parece una cifra microscópica, a quienes sufren en carne propia ser los números en dicha estadística y al personal médico que los atiende, les parece un dato más que concreto. Los glioblastomas, para referir el tipo más agresivo de los tumores de la glía, se infiltran en el parénquima cerebral y no tienen suficiente sensibilidad a la radio y quimioterapia.⁵ Estas condiciones los hacen ser sumamente letales.

Por otro parte, los gliomas de bajo grado, tienen mejores pronósticos, aunque igualmente comportan riesgos intraoperatorios y posoperatorios; por esta razón, es importante que el personal de salud tenga amplio conocimiento sobre estas técnicas para que el panorama de los pacientes con esta patología sea alentador mediante la oportuna toma de decisión de los expertos en la escogencia de la técnica a utilizar.⁶

El análisis descriptivo de la técnica de craneotomía con neuroestimulación bipolar para mapeo cerebral en pacientes despiertos que requieren de resección de gliomas de bajo grado, facilitará, tanto a los profesionales de la salud, como a los estudiantes de medicina, el conocimiento de las características de dicha técnica, para así, comprender y medir la viabilidad de dicho proceso, los beneficios para los pacientes y la injerencia en la calidad de vida y sobrevida de los mismos.

Gravesteijna et al.¹⁰ tienden las líneas generales del procedimiento: mapeo cortical y subcortical (AC) mediante craneotomía despierto (despierto-despierto- despierto) o bajo anestesia (dormido, despierto, dormido) para extender la resección lo máximo posible con el mínimo posible de afectación de las funciones cognitivas cerebrales. El presente trabajo de revisión bibliográfica, entonces, pretende cumplir los objetivos propuestos en el presente trabajo respecto a este tema tan importante en la actualidad.

1.2 Planteamiento del Problema

Durante mucho tiempo, la cirugía dentro del lóbulo insular, especialmente en los casos de tumores intrínsecos, se consideró demasiado peligrosa. A pesar de que en la actualidad sigue siendo una intervención peligrosa y demandante, se ha vuelto muy popular en los últimos diez años. Esto porque se tiene una mejor comprensión de la anatomía funcional de esta compleja región del cerebro, a lo cual se aúna un mejor conocimiento de su conectividad. Además, el desarrollo de técnicas intraoperatorias avanzadas, tales como el mapeo cerebral funcional con estimulación eléctrica directa mediante neuroestimulación, dio como resultado una mayor seguridad de los procedimientos. Con los nuevos estudios y el

uso de la neuroestimulación para mapeo cerebral en los gliomas de bajo grado, se ha determinado que la resección máxima temprana ayuda, no solo al paciente, sino también al médico, pues puede aplicar una mejor estrategia quirúrgica y un tratamiento.

La realización de una cirugía exitosa de gliomas de bajo grado dirigida a la resección máxima del tumor, asociada con la integridad funcional completa del paciente, se logra gracias al mapeo cerebral. Este conjunto de técnicas ha venido a revolucionar e incrementar la sobrevivencia de los pacientes que se someten a ellas.

La mayoría de los gliomas de bajo grado están ubicados en áreas del cerebro definidas como elocuentes: de lenguaje y motoras. Por lo que la resección de estos tumores debe de estar enfocada en la preservación de la función y minimizar el deterioro cognitivo debido a su delicada ubicación.

Con base en lo anteriormente explicado, el presente proyecto tiene el objetivo de investigar mediante fuentes bibliográficas recientes (entre los años 2015-2021), los beneficios intrínsecos a las técnicas de mapeo cerebral mediante neuroestimulación, tanto en pacientes de 18 a 45 años, como en el personal de salud que los atiende. Esto con el propósito de mejorar la calidad de vida e incrementar la sobrevivencia de dichos pacientes, mediante la optimización de los procesos intraoperatorio y posoperatorio.

En nuestro país, la utilización de estas técnicas se viene implementando desde hace poco tiempo, por lo cual, el personal de salud cuenta con poca información acerca de los beneficios de las mismas, ya que son prácticamente pioneros en un terreno muy poco

explorado, sobre el cual se tiene que aprender mucho, no solo a nivel nacional sino internacional, pues se está trabajando con el cerebro, órgano del cual aún queda mucha información por aclarar y mucho material para investigar por ende, se quiere determinar **¿Cuál es el procedimiento más apto para los pacientes que ameritan resección de gliomas de bajo grado y preservará mejor su calidad de vida?**

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar los múltiples beneficios de la técnica de mapeo cerebral mediante neuroestimulación bipolar para resecciones quirúrgicas en pacientes de 18 a 45 años con glioma de bajo grado en Estados Unidos.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Investigar las técnicas de neuroestimulación bipolar intracraneal para mapeo celular durante el procedimiento de resección de gliomas de bajo grado en pacientes despiertos.
2. Identificar los beneficios de los estudios de neuroestimulación bipolar intracraneal para mapeo cerebral en pacientes con gliomas de bajo grado.
3. Determinar el procedimiento más apto para mejorar la calidad de vida del paciente intervenido para la resección máxima del glioma de bajo grado.
4. Determinar si la resección tumoral con mapeo cerebral mediante neuroestimulación bipolar intracraneal tiene un impacto en la calidad y sobrevida de los pacientes.

CAPÍTULO II- MARCO TEÓRICO

2. Marco teórico

A continuación, se pormenorizarán los conceptos relacionados con los objetivos del presente trabajo investigativo, esto con el propósito de articularlos de manera lógica y coherente para establecer las coordenadas específicas del *corpus* teórico necesario.

En dicho empeño, el marco teórico se estructurará de la siguiente manera. En primera instancia es preciso referirse a la patología que se investiga. En este caso se examinará el concepto de gliomas cerebrales de grado bajo. En segundo término, se realizará una revisión de los conceptos relacionados con la técnica de mapeo cerebral mediante neuroestimulación intracraneal bipolar. En este empeño, se estudiarán los conceptos atinentes a neuroestimulación, específicamente los referentes a neuroestimulación intracraneal bipolar y resonancia magnética funcional. Finalmente se hará una disquisición sobre los conceptos de craneotomía con paciente despierto y anatomía cerebral.

2.1 Gliomas de bajo grado

Ramayya et al.¹¹ definen los gliomas de bajo grado como tumores que surgen de las células gliales. Ahora bien: “Las células gliales proporcionan el soporte anatómico y fisiológico para las neuronas y sus procesos en el cerebro.” Así pues, los tumores surgidos a partir de dichas células, como se apuntó anteriormente, se denominan gliomas y pueden calificarse como de bajo grado (I y II) o de alto grado (grado III y glioblastomas). La lógica que se sigue es que la gravedad es consecuente con la progresión aritmética, siendo los gliomas de menor grado, menos lesivos que los de mayor grado. Para una mayor

profundización es preciso complementar con las siguientes aproximaciones mediante una tabla.

Tabla 1. Clasificación de gliomas

Neoplasia (crecimiento anormal de tejido)	Grado	Pronóstico
Astrocitoma	I y II	8 años de sobrevida
Astrocitoma anaplásico	III	2-3 años de sobrevida
Glioblastoma multiforme	IV	12-18 meses sobrevida

Tabla 1: Elaboración propia basada a partir de la referencia¹¹

Según Smits y Jakola, los gliomas de bajo grado se caracterizan por un crecimiento lento pero una infiltración extensa del parénquima cerebral, de manera general afectan a personas en un rango de 30 a 40 años y provocan desordenes eléctricos a nivel neuronal (convulsiones tónico-clónicas focales y bilaterales) aunque son letales eventualmente, como se dijo con anterioridad, su lapso de crecimiento ralentiza este proceso mortal ¹².

En relación con los gliomas difusos (grado II), Barzilai et al. ¹³ refieren que los criterios para clasificar los gliomas son histológicos y moleculares; mencionan que los gliomas grado

Los son los tumores primarios más comunes del SNC (50% de las neoplasias) estos son, con mucho, más frecuentes que los gliomas difusos de bajo grado, es decir, los de grado II, que incluyen, además del astrocitoma, oligodendroglioma. Estos suelen afectar a personas más jóvenes y tienen una incidencia de 0,7 por 100,000 habitantes.

2.1.1 Papel de la enzima isocitrato deshidrogenasa (IDH) en relación con los gliomas de bajo grado: una posible etiología.

Youssef y Miller establecen que el (IDH): “existe en tres isoformas: IDH1 que está presente en el citosol e IDH2 e IDH3 que se localizan en las mitocondrias.”¹⁴ Los autores remarcan, luego de estudios clínicos, que el IDH 3 está involucrado de manera normal en el ciclo de Krebs y no se relaciona con la tumorigénesis. Por otra parte, no sucede lo mismo con las mutaciones en IDH 1 e IDH 2, las cuales están relacionadas con el desarrollo de gliomas de bajo grado¹⁴.

A continuación, algunos datos relacionados con las aproximaciones señaladas en el párrafo anterior:

- ✓ El 95% de las mutaciones de IDH se da en el tipo 1 que se encuentra en el citosol
- ✓ Esta mutación (en IDH1) se tiene relación con el “aminoácido arginina en el codón 132, transformándolo en histidina (R132H) en el 92,7 % y, con menos frecuencia, en cisteína (R132C) en 3,6 %, serina (R132S) en 1,8 % y glicina (R132G) en 0,9 %”

- ✓ “El 80 % de los gliomas de grado II y III de la OMS tienen mutaciones de IDH, mientras que solo el 5 % de los gliomas de grado IV tienen mutaciones de IDH.”¹⁴

2.2 Mapeo Cerebral

El mapeo cerebral es un estudio por imágenes de la superficie del cerebro. Para realizar esta técnica es preciso realizar una craneotomía que permita la estimulación eléctrica intracraneal. La información obtenida a partir de la estimulación eléctrica se puede objetivar y establecer en forma de resultados medibles. Es importante para el médico tener conocimiento de esta dinámica, pues esto lo ayudará a la hora de tomar decisiones respecto a la operación, para así no dañar áreas delicadas de este órgano.³

Núñez et al.³ establecen que el mapa cerebral se define como el estudio del cerebro y la médula espinal mediante el uso de imágenes. A este respecto señalan que gracias a las técnicas de mapeo cerebral se pueden saber las frecuencias de afectación de distintas localizaciones:

Las localizaciones más frecuentes de invasión tumoral son el lóbulo frontal (30%), el área motora suplementaria (27%) y la ínsula (25%). De forma tradicional se ha aceptado que los giros precentral y poscentral son áreas con funciones diferentes, pero se ha demostrado que estas se superponen y que ambos giros no están simplemente divididos por el surco central. En otras palabras, esto implica que la invasión de gliomas en estas áreas puede causar síntomas tanto sensitivos como motores, mixtos o arrestos del movimiento. Por ello, el Dr. Gazi Yaşargil acuñó el término «lóbulo central» para agrupar al giro frontal ascendente y al

parietal ascendente como una unidad funcional que hace que sea aún más importante su mapeo durante la cirugía.

Las estadísticas y localizaciones precisadas en la cita precedente funcionan para mostrar el conocimiento que puede brindar la técnica de mapeo cerebral a nivel preoperatorio, intraoperatorio y posoperatorio; así las cosas, se pueden obtener datos que benefician la preparación de la cirugía, el trabajo en el quirófano y el derrotero a seguir luego de la intervención.

Rossi et al. ⁷ acotan que el mapeo cerebral consiste en un grupo de técnicas de imágenes (preoperatorias e intraoperatorias) que facilitan la resección segura de infiltración tumoral, en el entendido de que dicha infiltración generalmente se ubica en áreas sensibles del cerebro de los pacientes (áreas elocuentes o funcionales). Las técnicas mencionadas se agrupan en dos frentes: neurofisiología y neuropsicología intraoperatorias. En el frente de la neurofisiología se ubica la técnica que ahora se define; es decir, el mapeo; la cual se realiza con estimulación de alta y baja frecuencia (HF.)

En esta misma línea, Barone et al. ¹⁵ definen el mapeo cerebral como un conjunto de técnicas preoperatorias (resonancia magnética) e intraoperatorias (neuroestimulación intracraneal) dirigido a facilitar la mayor resección tumoral posible, al tiempo que se preservan las áreas funcionales del cerebro. Este tipo de procedimientos se dirige a la resección gliomas de bajo y alto grado que se ubican en zonas elocuentes. Los cuales, por su ubicación, ofrecen importantes retos al equipo quirúrgico. En este sentido, el mapeo se

considera una herramienta muy útil antes y durante la intervención. Para una mayor elucidación de las técnicas de mapeo cerebral se ha elaborado la siguiente tabla:

Tabla 2. Técnicas de mapeo cerebral

Momentos del proceso	Técnica utilizada	Descripción	Función
Preoperatorio	Resonancia magnética preoperatoria	Imágenes anatómicas (cerebro) y funcionales	Planificar el tratamiento quirúrgico de la mejor manera
Intraoperatorio: (Neuroestimulación intracraneal bipolar)	Electroencefalografía	Se utiliza en la etapa temprana de la cirugía a través de electrodos de agujas subdérmicas	Control de la actividad eléctrica basal del cerebro
	Electrocorticografía	Se utiliza en la última etapa de la cirugía cuando la corteza cerebral está expuesta	Control de la actividad basal del cerebro. Control de convulsiones durante la resección.
	Electromiografía	Emisión de los nervios de señales	Indican integridad de vías motoras e

		eléctricas a los músculos, cuando estos reaccionan a dichos estímulos, emiten señales medibles	isquemia en pacientes dormidos o despiertos
	Estimulación eléctrica (DES)	Mapeo cortical y subcortical	Evalúa funciones motoras, del lenguaje y cognitivas

Tabla 2. Elaboración propia a partir de la referencia ¹⁵

En este orden de ideas, también se debe establecer que se considera dos tipos de mapeo, el mapeo cortical y el subcortical, los cuales se especificarán un poco más en el siguiente apartado.

2.2.1 Mapeo cortical y subcortical:

El mapeo cortical es básicamente la estimulación eléctrica de la corteza cerebral con el objetivo de ubicar áreas elocuentes. La corteza cerebral es una capa de sustancia gris que cubre a otra de color blanco. La capa gris con un grosor de 1.5 mm a 4 mm es la más superficial de las dos. La corteza se divide en 50 áreas llamadas áreas de Brodmann ¹⁶.

La mayoría de la literatura neuroquirúrgica actual, define el mapeo cortical como una técnica segura para la resección en pacientes despiertos de tumores ubicados en áreas elocuentes. López et al, por ejemplo, lo consideran el estándar de oro para la resección tumoral en áreas sensibles. El objetivo es la correlación anatomofuncional la cual se logra gracias al esfuerzo interdisciplinario de diferentes especialistas. ¹⁷

El mapeo subcortical, como su prefijo lo declara, consiste en un mapeo en zonas por debajo de la corteza cerebral, generalmente el mapeo se hace mediante estimulación cortical-subcortical. ³

2.3 Neuroestimulación

En pocas palabras, la neuroestimulación consiste en la electroestimulación de zonas cerebrales. Scacchi y Cardinali ¹⁶, definen el mecanismo de la electroestimulación como una voluntaria lesión transitoria virtual que ayuda a determinar si la zona cerebral que se ha estimulado puede ser resecada.

Ramayya et al. refieren que: “está bien establecido que la administración de estimulación eléctrica a un núcleo en el cerebro que se sabe que está involucrado en una enfermedad determinada puede interrumpir las señales patológicas que emanan hacia o desde esa región del cerebro.” por lo que esta técnica es válida para utilizarse en el tratamiento de gliomas de bajo grado. El proceso consiste, en síntesis, en la instalación de un electrodo fino en un núcleo cerebral profundo conectado a generadores ubicados en el tórax. ¹¹

En una explicación un poco más detallada, el procedimiento involucra la conexión de los generadores de pulso a los cables eléctricos, la ubicación correcta del cable se logra mediante ubicación estereotáctica (por medio de aguja de biopsia se accede a zonas cerebrales profundas) luego se obtiene, gracias a un marco rígido en la cabeza, una resonancia magnética precisa. ¹¹

En una aproximación más generalizada que se adecue a los objetivos del presente marco teórico se puede establecer que la neuroestimulación o estimulación cerebral consiste en una técnica quirúrgica de vanguardia, en donde se implantan electrodos dentro de ciertas zonas del cerebro que enviará impulsos eléctricos a diferentes regiones de este órgano. ¹¹

Esto va a procurar dos ventajas:

- ✓ Cambio de actividad cerebral controlado
- ✓ Reversibilidad de los efectos

Además de lo anteriormente mencionado, sobre la pertinencia de esta técnica para tratar gliomas de bajo grado, también ha resultado útil para tratar la distonía, la epilepsia, el trastorno obsesivo compulsivo, la enfermedad de párkinson, las cefaleas en racimos, la demencia, entre otros. ¹⁸

Smith ¹⁸ detalla también que el procedimiento es útil para paliar dolores crónicos, además, el autor resume el concepto que tratamos de la siguiente manera: “La estimulación cerebral profunda implica la colocación quirúrgica precisa de electrodos en los núcleos

profundos del cerebro.” Tal síntesis funcionará como conclusión al examen del concepto del que se ocupa el actual apartado.

Ahora bien, la neuroestimulación o estimulación cerebral profunda, (D.B.S) por sus siglas en inglés, podría realizarse mediante dos técnicas que se revisarán en este punto: estimulación bipolar y resonancia magnética funcional.

2.3.1 Estimulación bipolar:

Consiste en una técnica intraoperatoria para lograr el mapeo cortical y subcortical en pacientes despiertos anestesiados con el protocolo dormido-despierto dormido. Es una técnica estándar en la resección de gliomas y permite acceder a zonas profundas del cerebro. Comporta la aplicación “en el cerebro de un electrodo bipolar con contactos de 1 mm separados por 5 mm y un generador entrega una corriente constante en cuadrado bifásico.”¹⁹ Según los autores citados, esta técnica debería ser el estándar en las cirugías de resección de gliomas de alto y bajo grado.

2.3.2 Resonancia magnética funcional (fRM):

La resonancia magnética funcional es un procedimiento clínico avanzado, no invasivo, indoloro, que se utiliza para estudiar las funciones cerebrales de los pacientes que lo requieran. Muestra en imágenes qué partes del cerebro están activas al momento de realizar ciertas funciones, como, por ejemplo, mover las extremidades o hablar.

Es una herramienta importante para valorar patologías tumorales a nivel cerebral. Mide la dinámica del flujo sanguíneo relacionado con actividad cerebral específica y desarrolla “secuencias funcionales que proporcionan información molecular, biológica y fisiológica del tumor.”²⁰

2.4 Cirugía con paciente despierto

Esta técnica se usa principalmente en pacientes que presentan tumores cerebrales o crisis epilépticas.¹⁷ Durante la cirugía, el médico puede realizarle ciertas preguntas al paciente y así vigilar la actividad cerebral mientras este responde, esto le permite al cirujano darse cuenta si está en el área correcta o si está provocando daños en áreas funcionales del cerebro como la vista, el habla, movimiento. Se trata, entonces, de una intervención quirúrgica en donde el paciente se encuentra despierto para que pueda ser valorado y entrevistado por el equipo quirúrgico, el cual, valorará sus reacciones conscientes. López et al.¹⁷ establecen dos criterios de idoneidad para este tipo de cirugía:

- ✓ Paciente con glioma de bajo grado
- ✓ Sin síntomas o con cuadro clínico incipiente

Si el paciente cumple con estos criterios entonces los autores recomiendan esta cirugía con estimulación corticosubcortical. La cirugía con paciente despierto plantea una innovación: “es necesario reemplazar el concepto de una cirugía neurológica basada en referencias anatómicas por una cirugía neurológica intraparenquimatosa. La prioridad en la cirugía de gliomas de bajo grado es ver primero el cerebro, no el tumor.”¹⁷

2.5 Anatomía del cerebro

Básicamente las partes que componen e integran el cerebro. El sistema nervioso se subdivide en dos partes interdependientes: el sistema nervioso central y el sistema nervioso periférico. Como este apartado versa sobre anatomía del cerebro, se considerará únicamente el sistema nervioso central, el cual está formado por la médula espinal y el encéfalo. El encéfalo, que es el que se trata en este punto, se subdivide en las siguientes partes: bulbo raquídeo, protuberancia, cerebelo, mesencéfalo, diencefalo y hemisferios cerebrales. ²¹

Este apartado en particular se dividirá en dos partes: aspectos descriptivos y funcionales relacionados con la composición celular y aspectos descriptivos y funcionales relacionados con las partes integrantes del encéfalo.

2.5.1 Composición celular

Como se mencionó, es conveniente comenzar la consideración de la anatomía del cerebro desde su unidad morfológica, anatómica y funcional. El sistema nervioso central está compuesto por dos tipos de células: las neuronas y las células de la glía, estas últimas dan apoyo metabólico y estructural a las primeras. Las neuronas se pueden dividir en tres tipos y las células de la glía en dos tipos ²¹. Seguidamente, una tabla especificará esta información.

Tabla 3. Composición celular del sistema nervioso central

Tipo de célula	Subdivisiones	Particularidades
----------------	---------------	------------------

Neurona	Unipolares	<ul style="list-style-type: none"> • No poseen dendritas. • Secreción de glándulas exocrinas. • Contractibilidad del músculo liso
	Bipolares	<ul style="list-style-type: none"> • Poseen dendritas: flujo de información entre el cuerpo de la célula y el axón • Se pueden fusionar para formar neuronas pseudounipolares • Transmisión de información olfativa y táctil
	Multipolares	<ul style="list-style-type: none"> • Complejo conjunto de dendritas

		<ul style="list-style-type: none"> • Axones largos para conexiones distantes (proyecciones neuronales) • Conectan al sistema nervioso con sitios conectores periféricos. 	
Células de la glía	Microglía	<ul style="list-style-type: none"> • Funciones de limpieza • Reacciona a infecciones del sistema nervioso 	
	Macroglía	Subdivisiones	Funciones específicas
		Oligodendrocitos	Forman la vaina de mielina que incrementa la velocidad de conexión
	células de Schwann	Forman la vaina de mielina que incrementa la velocidad de conexión	

		Astroцитos	Funciones metabólicas y estructurales
		células ependimarias	Cavidades llenas de líquido, regulan el flujo de ese líquido, de ellas, hacia al encéfalo

Tabla 3: elaboración propia a partir de referencia ²¹.

En este orden de ideas, es preciso señalar que las células mencionadas en la tabla anterior, en el caso del sistema nervioso central, se ubican en localizaciones corticales (láminas aplanadas ubicadas en los hemisferios y núcleos). Se denomina núcleos a las agrupaciones de neuronas ubicadas debajo de las partes superficiales de las divisiones del (SNC) y haz a las regiones donde hay axones. En este punto, se llega al nivel tisular de la anatomía: los núcleos componen la llamada sustancia gris y los haces componen la llamada sustancia blanca.

2.5.2 Partes integrantes del encéfalo

El encéfalo se puede subdividir en tres partes: tronco del encéfalo, diencéfalo y hemisferios. La primera parte mencionada se subdivide en bulbo raquídeo, protuberancia y mesencéfalo. La segunda en tálamo e hipotálamo y la tercera se compone de corteza cerebral, formación del hipocampo, amígdala y núcleos basales. La siguiente tabla pormenorizará más información al respecto.

Tabla 4. Partes integrantes del encéfalo

Parte integrante del encéfalo	Subdivisión	Particularidades
Tronco del encéfalo	Bulbo raquídeo	Participa en mecanismos relacionados con la presión arterial y regulación respiratoria
	Protuberancia	Control de movimientos oculares
	Mesencéfalo	Control de movimientos oculares
Diencefalo	Tálamo	Transmite información a los hemisferios cerebrales
	Hipotálamo	Controla la liberación de hormonas endocrinas de la hipófisis y funciones del sistema nervioso autónomo.

Hemisferios	Corteza cerebral	Lóbulo Frontal: Conductual
		Lóbulo Parietal: percepción táctil y dolor, posición de las extremidades
		Lóbulo occipital: Percepción visual
		Lóbulo temporal: Lenguaje y percepción auditiva primaria
	Formación del hipocampo	Aprendizaje y memoria
	Amígdala	Emociones y respuestas a estrés o amenazas
	Núcleos basales	Control motor

Tabla 4: elaboración propia a partir de la referencia ²¹

Tal y como se puede apreciar hay muchas zonas sensibles implicadas dentro del encéfalo, encargadas de funciones cruciales relacionadas con la funcionalidad y la calidad de vida. En este sentido, es crucial entender las funciones implicadas en determinadas áreas antes de cualquier tipo de intervención pues el procedimiento terapéutico debe estar dirigido a considerar los beneficios y los prejuicios.

CAPÍTULO III- MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación

Para efectos de la presente investigación se usa un enfoque cualitativo en donde, a diferencia del enfoque cuantitativo, pueden surgir preguntas o hipótesis luego de la recolección de datos. Además, este tipo de enfoque se guía por áreas significativas de investigación en determinados campos del conocimiento, en este caso en específico, en las técnicas quirúrgicas de neurooncología.

3.2 Tipo de estudio

El tipo de estudio es descriptivo, al decir descriptivo se quiere significar, de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista ²², que se busca investigar las propiedades y particularidades del fenómeno que se examina. Asimismo, el estudio es de revisión bibliográfica porque investiga dichas propiedades y particularidades en las llamadas fuentes primarias. Dentro de las fuentes primarias destacan, para el caso presente, artículos de revistas especializadas, y libros y tesis relacionados con el tema que se analiza.

Las fuentes primarias o directas, que como se ha dicho, son el objeto de la revisión bibliográfica, en el caso del presente trabajo, van a consistir en información relativa a procedimientos quirúrgicos en neurooncología, específicamente aquellos destinados a la resección de gliomas de bajo grado.

El objetivo de esta revisión es investigar las técnicas intraoperatorias que se logran mediante neuroestimulación para determinar por qué estas ofrecen mejores perspectivas a los

pacientes con gliomas de bajo grado. En síntesis, se realizará una investigación descriptiva de revisión bibliográfica que brinde la información necesaria para cumplir con los objetivos que se han propuesto para este trabajo investigativo.

3.3 Elección del diseño

Muestreo cualitativo en el cual se revisaron fuentes bibliográficas actuales publicadas por expertos a nivel mundial en el campo de estudio que se aborda. Se ha privilegiado la investigación de tipo homogénea, en la cual, la información obtenida muestra desde casos simples a extremos, en donde se llegó a determinar, por medio de los conceptos utilizados, que el uso de neuroestimulación para mapeo cerebral es beneficioso para el mejoramiento de la sobrevida y tratamiento del paciente, así como también en la resección máxima de los gliomas de bajo grado.

3.4 Fuentes de información

La información se ha tomado de artículos especializados y libros relacionados con el tema, ubicados en bases de datos, bibliotecas digitales y páginas *web* de sitios especializados. Al usar el adjetivo especializados, se quiere comunicar que las fuentes de información se ubican de acuerdo con la siguiente especificación: del área de las ciencias de la salud, de la disciplina de la medicina, de la especialidad de oncología, de la subespecialidad de neurooncología, específicamente la información relacionada con intervenciones en pacientes despiertos mediante neuroestimulación para lograr reseca gliomas de bajo grado,

privilegiando aquellas fuentes más actuales y más acordes con los objetivos del presente trabajo investigativo.

3.5 Criterios de búsqueda

Los criterios de búsqueda sustentan el cuerpo de conocimientos que son necesarios para cumplir con los objetivos de la investigación. Es por esta circunstancia que se torna imperativo ubicar, de manera correcta, el área epistemológica del fenómeno que se está investigando, de otra manera se puede recabar información que no se corresponda con los propósitos del esfuerzo investigativo o se puede perder tiempo y trabajo considerando información demasiado obsoleta.

Debido a esto, la delimitación de criterios de búsqueda precisos es un pilar fundamental de la investigación bibliográfica, pues en medio del gran caudal de información que la era del internet ha deparado, la selección precisa de esta, puede verse entorpecida. Por esta razón, se privilegiaron descriptores relacionados con conceptos técnicos, lo que incrementa la posibilidad de encontrar resultados especializados, al tiempo que se descartaron aquellos estudios con más de diez años de publicación.

Así pues, los criterios de búsqueda se basaron en los objetivos propuestos, a partir de la consideración de la pertinencia de la información de acuerdo con el propósito de estos. Para cada objetivo se precisaron descriptores relacionados con las ciencias de la salud, los cuales se utilizaron en motores de búsqueda específicos, utilizando como criterio de inclusión o exclusión que no tuvieran más de 10 años de publicación al año 2022.

La siguiente tabla especificará esta información:

Tabla 5. Criterios de búsqueda, según objetivos.

Objetivo	Descriptores	Motores de búsqueda	Periodo	Idioma
1. Investigar las técnicas de neuroestimulación bipolar intracraneal para mapeo celular durante el procedimiento de resección de gliomas de bajo	Neuroestimulación	Google académico Base de datos Access Medicina Pub Med	2012-2022	Inglés/español
	Estimulación eléctrica transoperatoria	Google académico Base de datos Access Medicina Pub Med	2012-2022	Inglés/español
	Estimulación intracraneal bipolar	Google académico Base de datos Access Medicina Pub Med	2012-2022	Inglés/español

grado en pacientes despiertos.	Resonancia magnética funcional	Google académico Base de datos Access Medicina Pub Med	2012-2022	Inglés/español
	Craneotomía	Google académico Base de datos Access Medicina Pub Med		
2. Identificar los beneficios de los estudios de neuroestimulación bipolar intracraneal para mapeo cerebral en pacientes con gliomas de bajo grado.	Mapeo Cerebral	Google académico Base de datos Access Medicina Pub Med	2012-2022	Inglés/español

3. Determinar el procedimiento más apto para mejorar la calidad de vida del paciente intervenido para la resección máxima del glioma de bajo grado.	Glioma de bajo grado	Google académico Base de datos Access Medicina Pub Med	2012-2022	Inglés/español
	Procedimientos de resección de glioma de bajo grado	Google académico Base de datos Access Medicina Pub Med	2012-2022	Inglés/español
4. Determinar si la resección tumoral con mapeo cerebral mediante neuroestimulación bipolar intracraneal tiene un impacto en la calidad y sobrevida de los pacientes.	Resección tumoral con mapeo cerebral	Google académico Base de datos Access Medicina Pub Med	2012-2022	Inglés/español

Tabla 5: elaboración propia.

3.5.1 Criterios de inclusión y exclusión

A continuación, se presentan en una tabla, para una mayor claridad, los criterios de inclusión y exclusión en los que se basó el proceso de escogencia de las fuentes bibliográficas. Estos criterios se realizan en función de los objetivos trazados, el problema de investigación y la delimitación temporal y espacial considera para el presente trabajo investigativo. Debido a que se trata de una investigación bibliográfica se buscó fuentes primarias tales como libros, tesis y revistas especializadas.

Tabla 6. Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículos especializados sobre técnicas de craneotomía para neuroestimulación bipolar para mapeo cerebral en pacientes despiertos con gliomas de bajo grado en Estados Unidos con edades entre los 18 años y los 45 años	Artículos y textos relacionados con el tema con más de 10 años de ser publicados
Libros especializados con capítulos dedicados a técnicas de craneotomía para neuroestimulación bipolar para mapeo cerebral en pacientes despiertos con gliomas de bajo grado en Estados Unidos con edades entre los 18 años y los 45 años	Artículos y textos sobre tumoraciones neurológicas no relacionadas con la glía

<p>Artículos sobre neurooncología, específicamente los que tratan sobre tumores de la glía y las técnicas de craneotomía para neuroestimulación bipolar para mapeo cerebral en pacientes despiertos con gliomas de bajo grado en Estados Unidos con edades entre los 18 años y los 45 años</p>	<p>Artículos y textos sobre gliomas de alto grado o técnicas alternativas a las de craneotomía para neuroestimulación bipolar para mapeo cerebral en pacientes despiertos con gliomas de bajo grado en Estados Unidos con edades entre los 18 años y los 45 años</p>
<p>Capítulos de libros especializados en neurología sobre la anatomía del cerebro</p>	<p>Artículos sobre pacientes fuera de Estados Unidos y los rangos etarios de entre 18 años y 45 años</p>

Tabla 6: elaboración propia

3.6 Análisis de la información

Para efectos de la presente investigación se consideraron 40 artículos de revistas especializadas, diez capítulos de textos especializados y una tesis de grado. Luego de revisar cada una de estas se fuentes se seleccionaron 23 artículos de revistas, 6 capítulos de libros y una tesis de grado. todas estas fuentes representan investigaciones científicas de organismos internacionales de total respeto y peso científico, tales como artículos de la Biblioteca nacional de los Estados Unidos (PubMed), American Journal of Neuroradiology, Clinical Neurology and Neurosurgery, Neurosurgery clinics of North America, Journal of

neurosurgical sciences, and World Neurosurgery. Además de que se consideraron fuentes tomadas de la base de datos Access Medica. (capítulos de libros)

3.6.1 Clasificación por subtemas

La información recabada, para seccionarla, se puede clasificar por subtemas de la siguiente manera:

- ✓ Gliomas de bajo grado
- ✓ Craneotomía con paciente despierto
- ✓ Técnicas de intervención con neuroestimulación intracraneal bipolar con paciente despierto aplicadas a la resección de gliomas de bajo grado
- ✓ Estudios vertidos de la aplicación de las técnicas de intervención con neuroestimulación intracraneal bipolar con paciente despierto aplicadas a la resección de bajo grado. (consideración de los resultados)

*****El proceso para la extracción de los datos de los artículos seleccionados consiste primeramente en la ubicación de fuentes de información por medio de artículos científicos que traten el tema siguiendo los criterios de inclusión y de exclusión propuestos. Después de obtener la información más relevante de cada estudio; se ubica la información en cada variable de la matriz según lectura analítica de cada artículo científico.*****

3.6.2 Clasificación según nivel de evidencias

Los artículos se clasificaron con base en el nivel de evidencia de Sackett, el cual se utiliza para investigaciones dentro del área de la salud. Puesto que se consideraron tres niveles análisis en la presente investigación: viabilidad del proceso terapéutico, descripción de los beneficios del proceso y beneficios de este proceso en la calidad de vida y sobrevida de los pacientes, se escogió evidencias en función de la referencia a dichos niveles. Los artículos seleccionados para lograr dicho propósito son 11, pues estudian el procedimiento de neuroestimulación intracraneal bipolar en pacientes despiertos para mapeo cortical y subcortical con el objetivo de resear gliomas de grado bajo; en el anexo 1 se detallan estos artículos que se utilizaron para sustentar lo que se propone en los objetivos.

CAPÍTULO IV- RESULTADOS

En este apartado se describirán los resultados obtenidos luego de la revisión bibliográfica. Una vez que se ha revisado los artículos y textos pertinentes, se está en posición de analizar los datos que permitan obtener los resultados que son necesarios para cumplir con el objetivo general y los objetivos específicos de esta investigación. En este empeño, el capítulo presente se puede seccionar de la siguiente manera:

- Viabilidad del proceso de craneotomía con el paciente despierto para resección de gliomas de bajo grado según condiciones médicas de los pacientes: en este apartado se considerarán las condiciones médicas que contraindican el proceso.
- Beneficios de las técnicas de neuroestimulación bipolar para mapeo cerebral aplicadas a la resección de gliomas de bajo grado en pacientes despiertos: en esta parte se exponen los beneficios intrínsecos a la aplicación de dichas técnicas durante el proceso de intervención quirúrgica.
- Impacto sobre la calidad de vida y sobrevida de los pacientes de las técnicas de neuroestimulación bipolar para mapeo cerebral aplicadas a la resección de gliomas de bajo grado: en esta parte se determinará si las técnicas antedichas impactan de manera positiva o negativa la calidad de vida y la expectativa de vida de los pacientes con gliomas de bajo grado.

4.1 Viabilidad del proceso de craneotomía con paciente despierto para resección de gliomas de bajo grado según condiciones médicas de los pacientes

En todo procedimiento médico existen condiciones asociadas al estado de salud de los pacientes que los califican o los descalifican para ser candidatos a someterse a un

determinado tratamiento o intervención. Esta lógica se aplica incluso en la administración de los medicamentos más comunes y de venta libre. Por citar un ejemplo, si un paciente tiene problemas hepáticos, no es conveniente que utilice acetaminofén sin la asistencia de un médico que valore los pros y los contras de administrar tal droga, así pues, en el caso que nos ocupa: un procedimiento quirúrgico neurooncológico, las consideraciones de riesgos asociados al proceso se multiplican y los especialistas deben valorar la viabilidad o inviabilidad de una craneotomía con el paciente despierto para resección de gliomas de bajo grado.

Según Díaz et al.²² los gliomas se caracterizan por ubicarse en la mayoría de las ocasiones en zonas adyacentes a áreas elocuentes o, incluso, dentro de las mismas. Estas áreas que comúnmente resultan comprometidas, involucran, entre otras, funciones visoespaciales, motoras y de la memoria. Este rasgo característico de los gliomas complica la intervención quirúrgica dirigida a resecar tejido tumoral, pues claramente las funciones anteriormente mencionadas podrían verse afectadas durante el proceso de resección: “el manejo terapéutico de los gliomas de bajo grado plantea un desafío de alta complejidad en la actualidad debido a su tendencia a invadir el parénquima cerebral y su recurrencia tras el tratamiento inicial.”.

En el párrafo anterior queda claro el problema: áreas sensibles de difícil acceso (parénquima cerebral) que deben ser intervenidas. Ahora bien, ante tal problema se planteó la solución: mediante electroestimulación intracraneal bipolar intraquirúrgica en pacientes despiertos se puede realizar un mapeo cerebral de, entre otras, las funciones del lenguaje y las sensitivo-motoras; de esta manera, el equipo quirúrgico no intervendrá a “ciegas”. Es esa

perspectiva esclarecedora del proceso, lo que lo convierte en el estándar de oro para los tumores que se localizan en áreas elocuentes o sus adyacencias.²¹

De acuerdo con esto, Hervey y Berger²³ establecen que pacientes con afectaciones en la masa encefálica supratentorial, sea dentro o en las adyacencias de áreas elocuentes, deben ser considerados para una craneotomía con paciente despierto. Dentro de dichas afectaciones, los autores incluyen los tumores cerebrales intrínsecos ubicados dentro la corteza premotora, motora suplementaria y motora primaria. Por lo que se refrenda el mencionado proceso quirúrgico como el estándar dorado.

No obstante, hay criterios de exclusión de pacientes para dicha cirugía, los cuales son muy específicos, e incluso, se diferencian de los criterios para otras intervenciones quirúrgicas de neurooncología, esto debido a las particularidades y posibles complicaciones intrínsecas al procedimiento. A continuación, se expondrán, mediante una tabla, las contraindicaciones propuestas por Palluda et al.¹⁹, Díaz et al²² y Armentia²⁴

Tabla 7: Contraindicaciones para craneotomías con paciente despierto para resección de gliomas de bajo grado

Autores	Contraindicaciones	Consideraciones etarias
Palluda et al.	<ul style="list-style-type: none"> -Enfermedad coronaria aguda o inestable -Asma grave -Reducción grave de la apertura bucal (<30mm.) -Obesidad (índice de masa corporal > 35 kg/m²) -Reflujo gastroesofágico clínicamente incapacitante -Obstrucción parcial de la vía aérea por cualquier causa o mal estado funcional no relacionado con la enfermedad neurooncológica. 	<ul style="list-style-type: none"> -La edad no es una contraindicación en sí misma. -No es frecuente que se aplique a personas mayores de 65 años. -Un estudio comparativo entre jóvenes y ancianos demostró que el procedimiento es factible en ancianos.

Autores	Contraindicaciones		Consideraciones etarias
Díaz et al.	<ul style="list-style-type: none"> -Obesidad. -Presencia de reflujo gastroesofágico. -Vía aérea dificultosa y/o neumopatía. -Déficit motor moderado o grave. 		<ul style="list-style-type: none"> -Lo contraindican en pacientes pediátricos y/o menores de 5-6 años. -La razón de tal contraindicación se debe al ya demostrado fenómeno de inexcitabilidad que arrojaría resultados inexactos luego del mapeo cerebral por estimulación
Armentia	Riesgos perioperatorios	Contraindicación absoluta	Antepone, la valoración neuropsicológica y funcional de los pacientes, a la edad.
	-Tumores grandes con más de 2cm de efecto de masa.	<ul style="list-style-type: none"> -Tos persistente incontrolable. -Disfasia severa (>25% de errores nominales) 	

	-Patología psiquiátrica mal controlada	-Grandes tumores con efecto masa desviando más de 2 cm la línea media.	
	-Ansiedad severa		
	-Fumadores crónicos	-Hemiplejia.	
	-Tos crónica	-Comorbilidades severas que presentan una contraindicación anestésica.	
		-Hipertensión intracraneal (HTIC).	

Tabla 7: elaboración propia a partir de la referencia ^{19 22 24}.

Después de esta especificación de las contraindicaciones, es oportuno señalar ciertas correspondencias entre los autores consultados. En primera instancia, con relación a las consideraciones etarias, en las tres publicaciones revisadas se encuentra que las

consideraciones etarias no son tan importantes como los aspectos relacionados con estado de salud física general. Díaz et al. establecen un criterio de exclusión para pacientes pediátricos (entre 5 y 6 años de edad), aunque no es por un riesgo inherente a la edad, sino por una dificultad a la hora de leer los resultados. Palluda et al. y Armentia no hacen ninguna observación en términos de establecer un criterio descalificatorio basado en la edad, incluso Palluda et al. señalan que luego de numerosos estudios comparativos entre personas jóvenes y personas mayores de 65 años no se encontró que hubiera evidencia de que no sea una opción factible para adultos mayores; siempre y cuando, estos no tengan alguna de las contraindicaciones señaladas.^{22 19 24}

Por otra parte, en las tres publicaciones citadas arriba se encuentra que las dificultades respiratorias y la tos crónica figuran como criterios excluyentes, seguido por la obesidad, que está contraindicada. Lo mismo ocurre con el reflujo gastroesofágico, el cual es señalado en ambas publicaciones como parámetro para descartar la viabilidad del procedimiento cuando un paciente sufre de este problema. Armentia, clasifica los padecimientos en dos categorías: condiciones de riesgo perioperatorio y contraindicaciones absolutas. Dentro de las contraindicaciones absolutas remarca dos de índole neurológica: hemiplejía y disfasia severa; además, excluye específicamente pacientes con hipertensión craneal (HTIC) u otros padecimientos que contraindiquen la anestesia²⁴

Berger²⁵ viene a condensar lo que se ha expuesto con base en las publicaciones citadas^{19 22 24} remarcando que el proceso es inviable para pacientes con tos persistente no controlada, con hemiplejia con función motora inferior a la gravedad, disfasia grave (25% de errores de denominación) y tumores con más de 2cm de desplazamiento de la línea media.

Se entiende que tales condiciones imposibilitan que el paciente pueda responder de manera adecuada a los pasos del procedimiento.

Finalmente, todo lo que se ha explicado en este apartado se conecta con lo que se dijo al principio del mismo, cuando se refirió que el procedimiento de craneotomía con paciente despierto con neuroestimulación bipolar para lograr el mapeo cerebral que permita la resección de gliomas de bajo grado, es el estándar de oro para solucionar el problema de la resección tumoral en áreas elocuentes o adyacentes a esta, pues, de acuerdo con Armentia, para que este procedimiento pueda dar todo lo que puede dar de sí, es preciso que el proceso preoperatorio sea llevado a cabo por un equipo multidisciplinario que seleccione de manera idónea a los pacientes. Una parte muy importante de ese proceso es considerar si los candidatos tienen o no, alguna de las contraindicaciones expuestas. En conclusión: “antes de someterse a una cirugía, es vital un examen preoperatorio adecuado”.²⁴

4.2 Beneficios de las técnicas de neuroestimulación bipolar para mapeo cerebral aplicadas a la resección de gliomas de bajo grado en pacientes despiertos

En este apartado se especificarán, con base en la revisión de la bibliografía especializada, los motivos que justifican la afirmación de que la craneotomía con paciente despierto para la resección de gliomas de bajo grado, durante la cual se realiza neuroestimulación bipolar para mapear el cerebro, se considera el estándar de oro para este tipo de intervenciones. No obstante, es preciso, en honor al orden lógico del entramado de esta sección, exponer, primeramente, las técnicas que reportan los beneficios que el subtítulo anuncia.



Imagen tomada por el Dr. José Alexis Quesada, Neurócirujano

Proceso de anestesia

Es importante señalar los momentos del proceso que se está exponiendo. La técnica anestésica que, según Armentia, se utilizan en el proceso de craneotomía con paciente despierto es la siguiente: dormido-despierto-dormido (*asleep-awake-asleep*). En un primer momento se duerme al paciente; se monitorea y luego se procede a efectuar la craneotomía (sobre la que se detallará un poco más en las líneas de abajo). Es preciso señalar que este proceso es el más invasivo y por eso el paciente está dormido. Luego de que se ha efectuado la craneotomía, el paciente es despertado para el proceso de resección tumoral mediante las

técnicas de electroestimulación para mapeo cerebral, este proceso se acompaña con la respectiva valoración neurológica en tiempo real. ²⁴

Craneotomía

Como se anticipó en el párrafo anterior se especificará un poco más de información sobre la técnica de la craneotomía. Este es un proceso quirúrgico con fines terapéuticos que permite trabajar en el espacio intracraneal, mediante la apertura del cráneo, por eso se denomina: craneotomía. Este no es el único proceso para intervención en patología intracraneal, aunque sí es el más esencial. Tal proceso, en un sentido estricto, no es una innovación, sino que se remonta a miles de años atrás, pues hay evidencia de que las civilizaciones antiguas practicaban la trepanación con fines rituales y también terapéuticos²⁴.

Penfield, a quien se mencionó en el apartado de antecedentes históricos, fue un pionero de la técnica, para la cual utilizaba barbitúricos con fines anestésicos. Ahora bien, anécdotas históricas aparte, la técnica de la craneotomía se ha perfeccionado bastante en el siglo XXI, a tal punto que, como se mencionó, se ha vuelto esencial para las intervenciones intracraneales. En un principio se utilizaba para mapeo cortical en enfermos epilépticos; sin embargo, se ha vuelto el proceso estándar de oro para “la resección de lesiones tumorales relacionadas anatómicamente con las áreas motoras, sensitivas y especialmente, las del lenguaje; siendo su objetivo principal la preservación de dichas áreas.” ²⁴

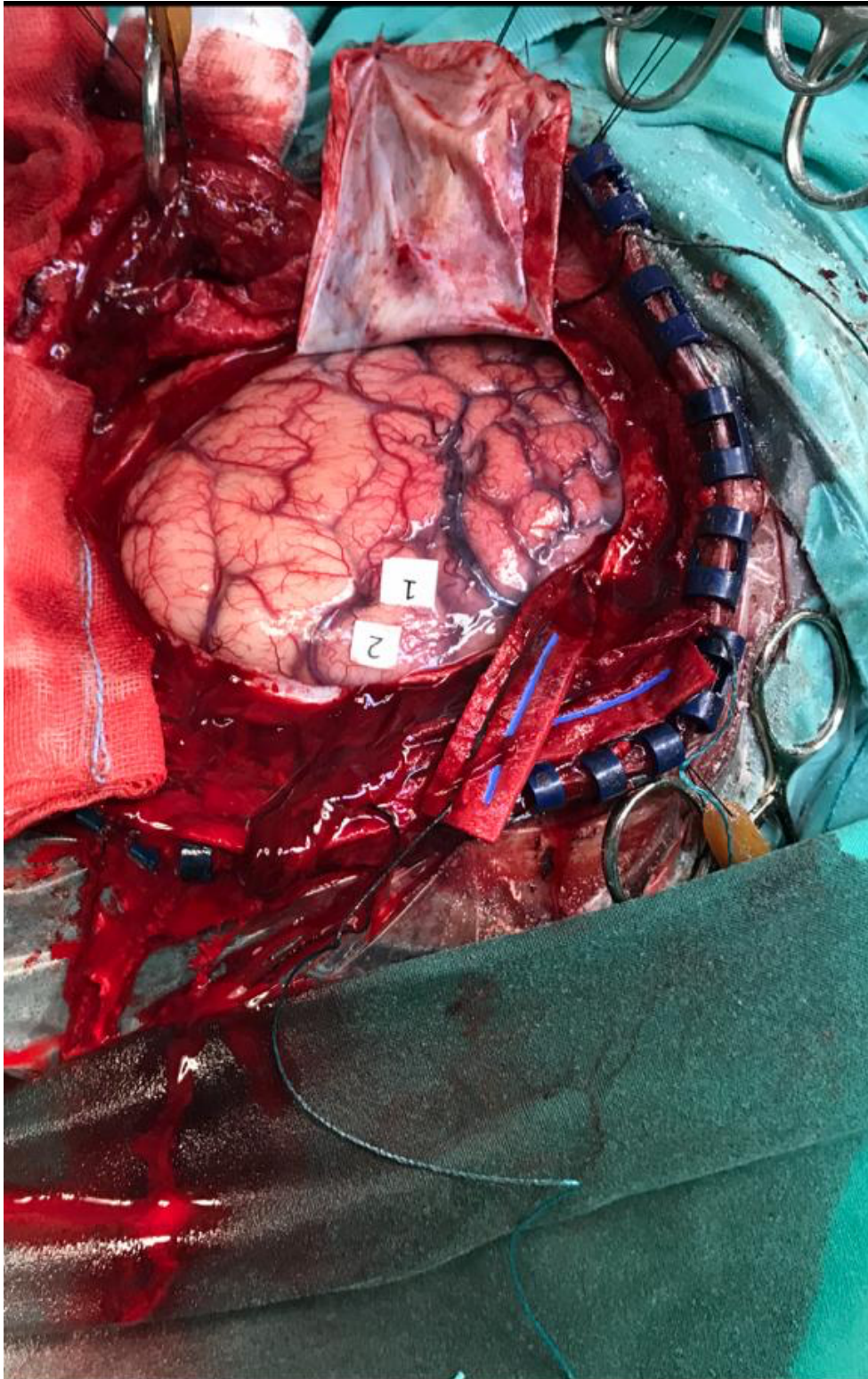


Imagen tomada por el Dr. José Alexis Quesada, Neurocirujano

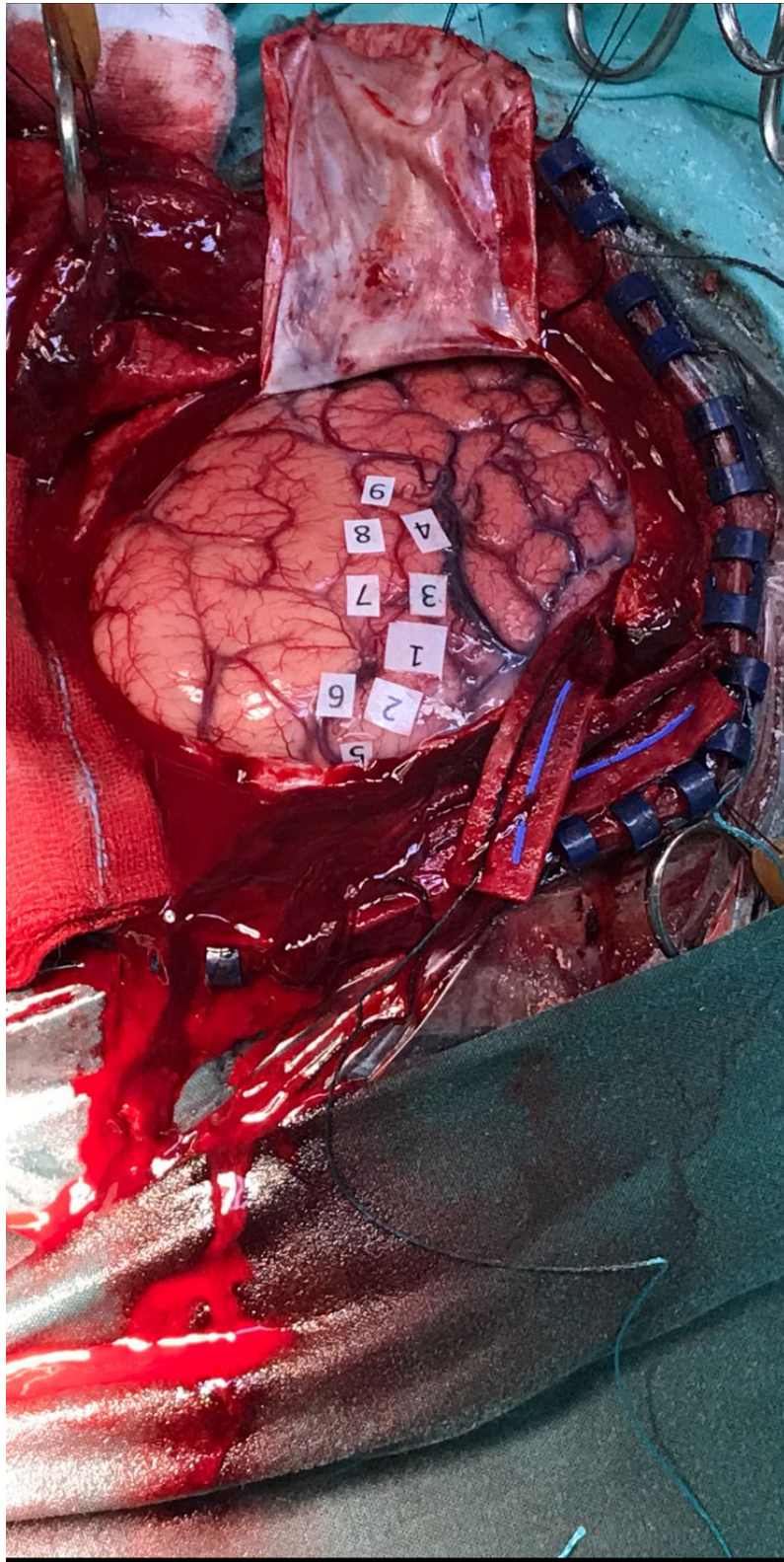


Imagen tomada por el Dr. José Alexis Quesada, Neurocirujano

Mapeo cortical

Ahora bien, luego de que, por así decirlo, se despeja el espacio de trabajo mediante la craneotomía, se procede a la neuroestimulación bipolar para el mapeo cerebral. En primera instancia, se pueden verificar las funciones motoras (las cuales se pueden verificar aún en pacientes dormidos). “se aplicarán pulsos cortos con una frecuencia entre 25-60 Hz, y la intensidad de la estimulación debería incrementarse 1 mA progresivamente hasta objetivar respuesta motora o del registro del EMG (O hasta un máximo de 6mA).”²² Para el mapeo del resto de las funciones se recomienda la misma intensidad.

Es pertinente señalar algunas consideraciones generales sobre el procedimiento: se realizan pruebas con el paciente en estado de vigilia, el método varía según la mano dominante del paciente (si es zurdo o derecho) y con la ubicación anatómica del tumor. Se mapea cualquier zona que se considera riesgosa. La estimulación resulta en fenómenos positivos en las áreas sensoriales y motoras primarias; y en la interrupción de áreas que sirven a funciones superiores.¹

La estimulación del área motora primaria resulta en tensión glótica en el área precentral inferior. La estimulación del área somato-sensorial produce hormigueo y parestesia. La estimulación del área visual produce fosfenos en el campo visual. En el proceso anterior a la intervención el equipo médico debe hacerle saber estos efectos al paciente.¹

Luego del mapeo de estas funciones motoras, somato-sensoriales y visuales se pasa al mapeo de funciones del lenguaje; en este punto se despierta al paciente que ha estado

dormido durante la fase de desvelación de la corteza cerebral para comience que a hablar “para descartar una falta de colaboración ocasional o evento comicial temporal no convulsivo.”²². Además, en este proceso en el que se insta a hablar al paciente mediante preguntas simples, se observa si hay detención en el habla. En el mapeo de los lóbulos parietales, (dominante y no dominante); por otra parte, se evalúa si se da discalculia o falta de atención hemiespacial

1

Las respuestas negativas a la estimulación (ausencia de deterioro en la función) se interpretarán como área no elocuente, en tanto que las áreas elocuentes se identificarán con algodones estériles numerados. Los sitios de prueba se separan un centímetro uno de otro y se prueban 3 veces, pero de manera no consecutiva.¹

Mapeo subcortical

Literalmente, significa mapeo por debajo de la corteza cerebral y se utiliza para evitar lesiones en áreas relacionadas con funciones del lenguaje, motora, visual, entre otras.²²

Una vez que se ha revisado de manera somera el proceso, es preciso referirse a los beneficios que se le asignan.

Beneficios

Existe numerosa evidencia, a partir de revisiones bibliográficas basadas en estudios observacionales que demuestran que, en comparación, los pacientes que reciben

electroestimulación bipolar en estado de vigilia, obtienen mejores resultados que quienes son anestesiados con el protocolo de anestesia general. Además, para la cirugía despierto existen pocas contraindicaciones absolutas y algunas otras se pueden tratar de manera interdisciplinaria.¹

Se dijo, en el punto que precede al presente apartado, que el procedimiento de craneotomía con paciente despierto para resección de gliomas de bajo grado mediante neuroestimulación bipolar para mapeo cerebral debe ser multidisciplinario, pues en él deben intervenir varios profesionales de la salud dedicados a que el proceso preoperatorio, intraoperatorio y posoperatorio sea lo más satisfactorio posible. Por citar un ejemplo, en los procedimientos con paciente despierto deben intervenir una serie de profesionales, los cuales deben haber sido presentados a este con al menos un día de antelación, para evitar que sucesos inesperados le afecten su tranquilidad.

Especialmente se recomienda, durante el mapeo de la función del lenguaje y la función cognitiva, (el cual es, como se expuso, después del mapeo de la función motora) la presencia de un logopeda, un neuropsicólogo y un neurólogo. Con relación a lo dicho en el apartado anterior, hay todo un proceso preoperatorio que incluye la educación al paciente y el trabajo interconectado de distintos especialistas que se encargan de que la selección del mismo sea adecuada, esta se hace basada en criterios médicos e incluso psicológicos, pues como se ha remarcado, el procedimiento no está libre de contraindicaciones.²⁵

En este orden de ideas, el primer beneficio que brindan las técnicas de neuroestimulación bipolar para mapeo cerebral aplicadas a la resección de gliomas de bajo grado en pacientes despiertos mediante la técnica quirúrgica de la craneotomía, es el carácter

multidisciplinario y específico de cada uno de los profesionales de la salud que intervienen en el proceso general (preoperatorio, intraoperatorio y posoperatorio). Es decir, el paciente está en manos competentes y su condición ha sido estudiada profundamente desde diferentes perspectivas de análisis.^{25 26}

Ahora bien, más específicamente, los beneficios de esta técnica se basan en la evidencia disponible. El principio directivo del procedimiento es “lograr un equilibrio entre resección máxima tumoral, con conservación de las funciones neurológicas, con un grado de seguridad y confianza superior en relación con el mismo procedimiento bajo anestesia general que no puede obtenerse con otros métodos.”²² esto se refrenda con el siguiente dato: disminución de la morbilidad en un 58% frente a un aumento de pacientes con resecciones totales. Además, frente al método de RMF (Resonancia magnética funcional), se tiene más certeza con la neuroestimulación para mapeo cortical y subcortical.

Se considera el estándar de oro para pacientes con glioma de bajo grado porque minimiza los déficits neurológicos, los cuales son un riesgo de este tipo de intervenciones. Esta minimización de efectos neurológicos se logra con la ayuda de herramientas intraoperatorias como moléculas fluorescentes aparte del mapeo cortical.²

A tono con lo dicho líneas arriba, Duffau establece que la resonancia magnética no garantiza la preservación de las áreas cortico-subcorticales, por lo que un beneficio intrínseco a la técnica de mapeo mediante neuroestimulación para resección de gliomas de bajo grado, es la garantía de la preservación de las áreas elocuentes: “El mapeo de estimulación intraoperatoria (ISM) es hoy en día la única técnica que permite la identificación y

preservación de las redes cortico-subcorticales críticas para las funciones neuronales, especialmente para el lenguaje (Duffau, Gatignol, Mandonnet, Capelle y Taillandier, 2008)".²⁷

Muchos estudios avalan que el mapeo mediante estimulación bipolar intracraneal en pacientes despiertos para la resección de gliomas, es una herramienta útil para aumentar la resección, su utilidad se recomienda especialmente para ubicaciones tumorales en lesiones parietales, frontales e insulares.³⁴

Duffau²⁷ señala aún dos beneficios más asociados a la técnica que se está estudiando. Uno de ellos se refiere a la posibilidad de volver a intervenir quirúrgicamente si la resección no se ha completado debido a que secciones del tumor se encuentran en áreas aún elocuentes: potencialmente estos tumores podrían volver a operarse meses o años después; el otro beneficio se refiere a la posibilidad de preservar la vascularización para reducir el uso de coagulación.

Seguidamente, se presenta una tabla en donde se especifican, de manera concentrada, los beneficios de las técnicas de neuroestimulación bipolar para mapeo cerebral aplicadas a la resección de gliomas de bajo grado en pacientes despiertos.

Tabla 8. Beneficios por autor de las técnicas de neuroestimulación bipolar para mapeo cerebral aplicadas a la resección de gliomas de bajo grado en pacientes despiertos.

Autores	Beneficios
Berger y Szelényi	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Procedimiento multidisciplinario ✓ Atención especializada
Díaz	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Equilibrio entre resección máxima y conservación de funciones neurológicas ✓ Disminución de morbilidad en un 58% ✓ Incrementa la posibilidad de resecciones totales ✓ Mayor certeza de la que brinda la resonancia magnética funcional
Duffau	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Preservación de las áreas cortico-subcorticales ✓ Posibilidad de volver a operar luego de meses o años si no hubo resección total ✓ Preservación de la vascularización para reducir el uso de coagulación
Duffau	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificación de las estructuras cerebrales corticales y subcorticales críticas funcionalmente importantes, que permitan la realización de la cirugía en áreas “elocuentes”, previamente consideradas como “irresecables” (p. ej., área de Broca, área de Wernicke, región central, ínsula).

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reducción significativa del riesgo de déficits neurológicos. postoperatorios permanentes a <4%, incluso en casos de cirugía realizada dentro de áreas críticas del cerebro. ✓ Posibilidad de realizar la resección del tumor cerebral según límites funcionales, sin margen de seguridad (resección “supramarginal”), maximizando la extirpación de la neoplasia. ✓ Mejora de los resultados oncológicos, especialmente de la supervivencia global de los pacientes.
--	---

Tabla 8: elaboración propia basada a partir de las referencias ^{26 27 28 29}.

De acuerdo con lo pormenorizado en la tabla número 8, se encuentra que los beneficios se pueden establecer en función del equilibrio entre resección máxima y conservación de la función neurológica, preservación de los circuitos vasculares y, finalmente, una mayor certeza con respecto a otras técnicas. Armentia ²⁴, incluso refiere una serie de beneficios desde la perspectiva de la técnica anestésica dormido, despierto, dormido; en contraposición a la anestesia general:

- ✓ Mayor preservación de la función de las áreas elocuentes gracias a las pruebas intraoperatorias y la monitorización neurofisiológica.

- ✓ Implican un mayor porcentaje de resección total en comparación a la anestesia local
- ✓ Mejora la funcionalidad posoperatoria
- ✓ Disminuye la estancia hospitalaria

Para concluir este apartado, un dato interesante: 90% de los casos de intervenciones con paciente despierto no empeoran las funciones motoras luego del procedimiento.²⁴

4. 3 Impacto sobre la calidad de vida y sobrevida de los pacientes de las técnicas de neuroestimulación bipolar para mapeo cerebral aplicadas a la resección de gliomas de bajo grado

Las técnicas y beneficios de los que se ha hablado en este capítulo de resultados, adquieren dimensión humana al enfocarlos en relación con la calidad de vida y sobrevida del paciente. Es por este motivo que los resultados en función de dichas circunstancias adquieren un valor que va más allá del aspecto científico del procedimiento, para instaurarse dentro del ámbito de la consideración de aspectos tan cruciales como calidad y esperanza de vida.

Dicho lo anterior, el presente apartado se direcciona a la relación entre el proceso intraoperatorio y posoperatorio, en el entendido de que una cirugía exitosa, comporta resección completa sin afectación de funciones neurológicas. En otras palabras, el procedimiento de craneotomía en paciente despierto para resección de gliomas de bajo grado mediante neuroestimulación bipolar para mapear zonas cerebrales, no solo incrementa la posibilidad de un proceso quirúrgico satisfactorio, sino que mejora la funcionalidad posoperatoria.²⁴

A continuación, una tabla sintetizará el proceso de mapeo cerebral desde la perspectiva del cuidado en relación con el impacto sobre la calidad de vida y sobrevivencia del paciente:

Tabla 9. Proceso de mapeo cerebral desde la perspectiva del cuidado en relación con el impacto sobre la calidad de vida y sobrevivencia del paciente.

Fase del proceso	Objetivo
<p>1. Preoperatorio: imágenes preoperatorias anatómicas y funcionales</p>	<p>-Mediante resonancia magnética preoperatoria estándar se evalúan las funciones neurológicas del paciente para planificar el proceso</p> <p>-Cada paciente es único, por eso es obligatoria la estrategia prequirúrgica precisa</p>
<p>2. Intraoperatorio: evaluación funcional y anatómica intraoperatoria</p>	<p>-Electroencefalografía: durante etapa temprana del proceso</p> <p>-Electrocorticografía: cuando la corteza está expuesta</p> <p>-Electromiografía: evalúa funciones motoras</p>

<p>3. Intraoperatorio: evaluación neurológica y cognitiva</p>	<p>-Evaluación neurocognitiva con paciente despierto para valorar funciones visuoespaciales, emocionales, de memoria, de planificación, de aprendizaje, de atención y conductuales,</p>
<p>4. Intra y posoperatorio: Resección quirúrgica y equilibrio onco-funcional</p>	<p>-Buen impacto en la historia natural de la neoplasia -Mejorar equilibrio onco-funcional -Preservar la calidad de vida del paciente</p>

Tabla 9: elaboración propia a partir de referencia ¹⁵

Tal y como se ha especificado en la tabla, todas las partes del procedimiento van dirigidas a preservar la calidad de vida del paciente, y, no solo esto, sino que también se dirigen a incrementar la supervivencia general, pues la máxima extensión de resección es un predictor fiable de dicho incremento en la supervivencia general ¹⁵.

Duffau establece que los estudios clínicos respaldan la afirmación anterior, pues los resultados muestran un impacto importante de la extensión de la resección en la supervivencia general de pacientes con gliomas de bajo grado. Esta mayor extensión de la resección se logra sin perjuicio de las funciones neurológicas porque “la conectividad funcional que sustenta las funciones cognitivas solo se puede evaluar en pacientes despiertos.” Es decir, en pacientes totalmente anestesiados durante todo el proceso, esto no se puede lograr. ²⁸

Guinda y Duffau ²⁹ establecen que el procedimiento de craneotomía con paciente despierto para la neuroestimulación bipolar para mapeo cerebral aplicadas a la resección de gliomas de bajo grado, tiene un impacto positivo sobre la calidad de vida y sobrevida de los pacientes porque se basa en el objetivo de lograr la máxima resección posible sin provocar déficits neurológicos; además agregan: “el uso de mapeo de electroestimulación (IEM) cortical y subcortical intraoperatoria durante la craneotomía despierto evolucionó con el tiempo y permite un aumento sustancial en la supervivencia y calidad de vida de los pacientes.” ²⁹

A modo de conclusión de este capítulo, se retomará el motivo que se mostró al inicio del mismo y que recorre su extensión: la craneotomía con paciente despierto para la resección de gliomas de bajo grado mediante neuroestimulación bipolar para mapeo cortical y subcortical es el estándar dorado para el tratamiento quirúrgico de resección de tejido tumoral infiltrado en áreas elocuentes o adyacentes a esta; no solo porque es la técnica más avanzada posible, sino porque involucra la comprensión de que deben preservarse las funciones neurológicas, ya que esto irá en aumento de la calidad de vida del paciente, lo cual es importante, porque una resección completa aumenta la sobrevida. Seguidamente, para finalizar, resultados puntuales relacionados con el impacto sobre la calidad de vida y sobrevida de los pacientes que se sometieron a intervenciones quirúrgicas basadas en técnicas de neuroestimulación bipolar para mapeo cerebral aplicadas a la resección de gliomas de bajo grado. ³⁰

Resultados puntuales del impacto sobre la calidad de vida y sobrevida de los pacientes que se sometieron a intervenciones quirúrgicas basadas en técnicas de neuroestimulación bipolar para mapeo cerebral aplicadas a la resección de gliomas de bajo grado

- Según Guinda et al. ³⁰:
 - ✓ mejora los resultados al maximizar el EOR mientras se preserva la corteza funcional en gliomas de bajo y alto grado.
 - ✓ Estancia hospitalaria más corta
 - ✓ Menos pérdida de sangre
 - ✓ Un tiempo operatorio más corto
 - ✓ Menos dolor y ansiedad
 - ✓ Rentabilidad,
 - ✓ Menos complicaciones y morbilidad

- Según De Witt et al. ³¹:
 - ✓ Reducción de los déficits neurológicos graves tardíos más de dos veces que la cirugía sin ISM
 - ✓ Una resección más extensa que involucra ubicaciones elocuentes con mayor frecuencia.

CAPÍTULO V- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones:

- La craneotomía con paciente despierto para la resección de gliomas de bajo grado mediante la neuroestimulación bipolar para mapeo cortical y subcortical es el estándar dorado de intervención quirúrgica.
- La craneotomía con paciente despierto para la resección de gliomas de bajo grado mediante la neuroestimulación bipolar para mapeo cortical y subcortical permite asegurar un equilibrio entre la resección máxima y la conservación de las funciones neurológicas.
- El éxito del proceso (preoperatorio, intraoperatorio y posoperatorio) se basa en un trabajo multidisciplinario que tiene como primera tarea importante la selección idónea de los candidatos a realizarse el procedimiento.
- Hay impacto significativo en la preservación del estado funcional, calidad de vida y en la prolongación de la supervivencia de aproximadamente 10 años en pacientes intervenido con cirugía despierto con uso intraoperatorio de mapeo cerebral con electroestimulación bipolar.
- La craneotomía con paciente despierto para la resección de gliomas de bajo grado mediante la neuroestimulación bipolar para mapeo cortical y subcortical permite asegurar un equilibrio entre la resección máxima y la conservación de las funciones neurológicas.
- La craneotomía con paciente despierto para la resección de gliomas de bajo grado mediante la neuroestimulación bipolar para mapeo cortical y subcortical se ha mostrado, mediante múltiples estudios, como el

procedimiento que más incrementa la calidad y sobrevida de los pacientes intervenidos en comparación con el abordaje en paciente bajo anestesia general.

- El mapeo cerebral logrado mediante neuroestimulación intracraneal bipolar ofrece más certeza sobre identificación de áreas elocuentes de la que ofrece la resonancia magnética funcional, pues esta no garantiza la preservación de las áreas cortico-subcorticales.
- El mapeo cerebral logrado mediante neuroestimulación intracraneal bipolar preserva la vascularización de las zonas implicadas en el proceso.
- La técnica de anestesia dormido-despierto-dormido permite que el paciente esté consciente durante la operación y así valorar mediante serie de preguntas las áreas funcionales que sustenta las funciones cognitivas, el estado de vigilia en este proceso permite que este sea eficaz algo que no se puede lograr bajo anestesia general.
- La craneotomía con paciente despierto para estimulación intracraneal bipolar, permite resección completa de gliomas de bajo grado y evita la reaparición tumoral o propicia la posibilidad de recuperación.
- En conclusión el mapeo cerebral con neuroestimulación bipolar en cirugía de glioma de bajo grado en paciente despierto es el estándar de oro, pues permite conservar la mayor funcionalidad del paciente preservando y garantizando una mejor calidad de vida, así como disminuyendo la mortalidad, recurrencia tumoral y aumentando la sobre vida de este, esto gracias a que con esta técnica se puede lograr el equilibrio entre mayor resección y preservación de las áreas elocuentes.

5.2 Recomendaciones

- Se deben dar a conocer las técnicas investigadas, pues en muchos lugares no son de uso corriente, ni constituyen la primera opción de tratamiento para resección.
- Se recomienda mayor investigación y publicación a nivel Nacional para que el personal de salud conozca los procedimientos y beneficios de la técnica de mapeo cerebral en cirugía en paciente despierto en la resección de gliomas de bajo grado, no solo para el paciente si no también para los centros de salud.
- Se recomienda conformar unidades multidisciplinarias destinadas a pacientes con gliomas de bajo grado.
- Con base en la evidencia, se debe implementar el procedimiento de craneotomía con paciente despierto para mapeo cerebral mediante neuroestimulación bipolar para resecaer tejido tumoral, como proceso estándar siempre que la condición médica del paciente no lo excluya como candidato elegible.

CAPÍTULO VI – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias bibliográficas

1. Gogos A, Young J, Morshed R, Hervey S, Berger M. Awake glioma surgery: technical evolution and nuances. *Journal of neuro-oncology* [Internet]. 2020. [citado el 7 de mayo del 2022]; 147(3): 515–524. <https://doi.org/10.1007/s11060-020-03482-z>
2. Young J, Woo P, Morshed R, Warriar G, Kakaizada S, Molinaro A et al. The Relationship Between Stimulation Current and Functional Site Localization During Brain Mapping. *Neurosurgery* [Internet]. 2020. [citado el 8 de mayo de 2022]; 3 (64). <https://doi.org/10.1093/neuros/nyaa364>
3. Núñez S, Avendaño J, Iturbide R, Pech C, Molina C, Mejía S. Awake surgery with cortical-subcortical mapping in diffuse gliomas adjacent to central lobe. Report of two cases and literature review. *Cirugía y cirujanos* [Internet] 2019. [citado el 10 de mayo del 2022]; 87(4): 459–465.
4. Prat R, Galeano I, López P, Ayuso A, Espert R. Intraoperative brain mapping of language, cognitive functions, and social cognition in awake surgery of low-grade gliomas located in the right non-dominant hemisphere. *Clinical neurology and neurosurgery* [Internet]. 2020. [citado el 10 de mayo del 2022]; 200, 106363. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro>.
5. Cochereau J, Lemaitre A, Wager M, Moritz S, Duffau H, Herbet G. Network-behavior mapping of lasting executive impairments after low-grade glioma surgery. *Brain structure & function* [Internet] 2020. [citado el 11 de mayo del 2022]; 225(8): 2415–2429. <https://doi.org/10.1007/s00429-020-021315>

6. Gerritsen, J, Arends L, Klimek M, Dirven, C, Vincent A. Impact of intraoperative stimulation mapping on high-grade glioma surgery outcome: a meta-analysis. *Acta neurochirurgica* [Internet]. 2019. [citado el 14 de mayo del 2022]; 161(1): 99–107. <https://doi.org/10.1007/s00701-018-3732->
7. Rossi M, Sani S, Nibali M, Fornia L, Bello L, Byrne R. Mapping in Low-Grade Glioma Surgery: Low- and High-Frequency Stimulation. *Neurosurgery clinics of North America* [Internet] 2019. [citado el 17 de mayo del 2022]; 30(1): 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2018.08.003>
8. Ferracci F, Duffau, H. Improving surgical outcome for gliomas with intraoperative mapping. *Expert review of neurotherapeutics* [Internet] 2018. [citado el 23 de mayo del 2022]; 18(4): 333–341. <https://doi.org/10.1080/14737175.2018.1451329>
9. Jasper K, Gerritsen W, Viëtor C, Dimitris R, Schouten W, Klimek et al. Awake craniotomy versus craniotomy under general anesthesia without surgery adjuncts for supratentorial glioblastoma in eloquent areas: a retrospective matched case-control study. *Acta Neurochirurgica* [Internet] 2019. [citado el 21 de mayo del 2022]; 161:307–315 <https://doi.org/10.1007/s00701-018-03788-y>
10. Gravesteijna. M, Keizerb A, Vincentb J, Schoutenb R, Stolkera J, Klimeka M. Awake craniotomy versus craniotomy under general anesthesia for the surgical treatment of insular glioma: choices and outcomes. *Neurological research* [Internet] 2018. [citado el 27 de mayo del 2022]; 40 (2): 87-96. <https://doi.org/10.1080/01616412.2017.1402147>

11. Ramayya A, Sinha S, Grady M. Neurocirugía. En: Brunicardi F, Andersen DK, Billiar TR, Dunn DL, Kao LS, Hunter JG et al, editores. Schwartz. Principios de Cirugía, 11ed. Montreal. McGraw Hill; 2020. <https://accessmedicina-mhmedical-com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/content.aspx?bookid=2958§ionid=251831367>
12. Smits A, Jakola A. Clinical Presentation, Natural History, and Prognosis of Diffuse Low-Grade Gliomas. *Neurosurgery clinics of North America* [Internet] 2019. [citado el 10 de junio del 2022]; 30(1): 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2018.08.002>
13. Barzilai O, Ben S, Sitt R, Sela G, Shofty B. Z. Improvement in cognitive function after surgery for low-grade glioma. *Journal of neurosurgery* [Internet] 2018. [citado el 11 de junio del 2022]:1–9. Advance online publication. <https://doi.org/10.3171/2017.9.JNS17658>
14. Youssef G, Miller, J. Lower Grade Gliomas, 2020, *Current neurology and neuroscience reports* [Internet] 2020. [citado el 12 de junio del 2022]; 20(7): 21. <https://doi.org/10.1007/s11910-020-01040-8>
15. Barone F, Alberio N, Iacopino D, Giammalva G, D'Arrigo C, Tagnese W et al. Brain Mapping as Helpful Tool in Brain Glioma Surgical Treatment-Toward the "Perfect Surgery". *Brain sciences* [Internet] 2018. [citado el 14 de junio del 2022]; 8(11): 192. <https://doi.org/10.3390/brainsci8110192>
16. Scacchi P, Cardinali DP. Sistema sensorial (sensibilidad somática y visceral). En Fernández J, Cachofeiro V, Cardinali D, Delpón E, Díaz E, et al. editores. *Fisiología humana*, 5ed. Montreal: McGraw Hill; 2020.

17. López M, Soto G, Sosa A, Jiménez S, Moreno I. Tumores primarios del sistema nervioso central. En: Herrera-Gómez Á, Ñamendys-Silva SA, Meneses-García A, editores. Manual de Oncología. 6ed. Montreal: McGraw Hill; 2018.
18. Smith TR. Neurocirugía. In: Doherty GM, editor. Diagnóstico y tratamiento quirúrgicos. 15ed. Montreal: McGraw Hill; 2021.
19. Pallud O, Rigaux-Viodea A, Callos C, Mutod C, López C, Meleriob X et al. Electroestimulación bipolar eléctrica directa para mapeo cerebral cortical y subcortical funcional en craneotomía despierto. Consideraciones prácticas. Neurocirugía [Internet] 2017. [citado el 16 de junio del 2022] <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuchi.2016.08.009>.
20. Santos E, Noguerol T, Suárez V. Técnicas avanzadas de resonancia magnética en patología tumoral de cabeza y cuello, 2019, Radiología [Internet] 2019. [citado el 23 de junio del 2022]; 61(3):191-203. <https://doi.org/10.1016/j.rx.2018.12.004>
21. Organización del sistema nervioso central. En Martin JH, editor. Neuroanatomía texto y atlas. 4 ed. Montreal: McGraw Hill; 2013.
22. Díaz I, Gallardo F, Orellana M, Chiarullo M, Álvarez D, Núñez M. Guía para la resección de gliomas de bajo grado en relación a áreas elocuentes en el paciente despierto con mapeo cortical y subcortical. Revista argentina de neurocirugía [Internet] 2022. [cita el de 3 de junio de 2022]; 36 (2): 68-80. <https://www.ranc.com.ar/index.php/revista/article/view/250/466>
23. Hervey S, Berger M. Craneotomías despierto para Motor Cortex lesiones. En Descripción general integral de los enfoques quirúrgicos modernos para los tumores cerebrales intrínsecos, 2019, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811783-5.00018-5>

24. Armentia A. Cirugía de tumores cerebrales en pacientes despiertos. Nuevas técnicas. Experiencia en el Hospital Universitario de Álava. [Trabajo final de grado]. Universidad del País Vasco. 2018.
25. Berger, M. Maximizing safe resection of low- and high-grade glioma. 2016, Journal of neuro-oncology [Internet] 2016. [consultado el 8 de julio de 2022]; 130(2)}: 269–282. <https://doi.org/10.1007/s11060-016-2110-4>
26. Szelényi A, Bello M, Sduffau H, Signoralli F, Fava M, Feigi C et al. Estimulación eléctrica intraoperatoria en craneotomía despierto: aspectos metodológicos de la práctica actual, 2010, Enfoque de neurocirugía [Internet] 2010 [consultado el 12 de julio de 2022]; 28 (2).
27. Duffau H. Craneotomías despierto por neoplasias involucrando Redes de Idiomas. En Descripción general integral de los enfoques quirúrgicos modernos para los tumores cerebrales intrínsecos, 2019, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811783-5.00019-7>
28. Duffau H. Surgery of Insular Gliomas, 2018, Progress in neurological surgery, [Internet] 2018. [consultado el 12 de julio de 2022]; 30: 173–185. <https://doi.org/10.1159/000464393>
29. Ghinda, C., Duffau, H. Network Plasticity and Intraoperative Mapping for Personalized Multimodal Management of Diffuse Low-Grade Gliomas, 2017, Frontiers in surgery [internet] 2017. [consultado el 14 de julio de 2022]; 4 (3): 1-8 doi: 10.3389/fsurg.2017.00003
30. De Witt P. Et al C, Robles S, Zwinderman A, Duffau H, Berger M. Impact of intraoperative stimulation brain mapping on glioma surgery outcome: a meta-analysis. Journal of clinical oncology : official journal of the American Society of Clinical Oncology,

[Internet] 2012. [consultado el 15 de julio del 2022]; 30(20): 2559–2565.
<https://doi.org/10.1200/JCO.2011.38.4818>

Capítulo VII - Anexos

Anexos 1:

Tabla de artículos según evidencia

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia ⁵	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
Gogos A, Young J, Morshed R, Hervey S, Berger M/ Journal of neuro-oncology/ 2020	1	Awake glioma surgery: technical evolution and nuances	Revisión bibliográfica	1	N/A	Estudio realizado entre una revisión de diferentes literatura relativa al tema	El mapeo para cirugía con paciente despierto es el oro para reducir déficits neurológicos

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia ⁵	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
Young J, Woo P, Morshed R, Warriar G, Kakaizada S, Molinaro A et al. /Neurosurgery/ 2020	2	The Relationship Between Stimulation Current and Functional Site Localization During Brain Mapping	Observacional	2	Este estudio incluyó a 586 pacientes con gliomas del hemisferio dominante tratados con mapeo de ECS cortical despierto en la	Procedimiento realizado a un grupo de pacientes con gliomas del hemisferio dominante para análisis de los resultados	Una corriente de estimulación más alta aplicada durante el mapeo cortical no da como resultado la identificación de sitios más funcionales, lo que apoya la

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia ⁵	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
					Universidad de California, San Francisco, entre 1997 y 2018.		práctica de mantener la corriente de estimulación lo más baja posibles.
Autor ¹ / revista ² / año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Conclusiones y resultados
Núñez S, Avendaño J,	3	Awake surgery with cortical-subcortical	Revisión bibliográfica y	1	Un hombre de 24 años	Estudio de casos: intervención con	La craneotomía para paciente

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia 5	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
Iturbide R, Pech C, Molina C, Mejía S / Cirugia y cirujanos/ 2019		mapping in diffuse gliomas adjacent to central lobe. Report of two cases and literature review.	reporte de casos		que presentó convulsiones clónicas y tónicas diagnosticado con glioma en el parietal izquierdo Un hombre de 29 años que presentó en dos	craneotomía para mapeo cerebral y navegación en dos pacientes diagnosticados con gliomas en el parietal izquierdo. Revisión bibliográfica: estudio realizado mediante la	despierto con estimulación para mapear áreas corticales y subcorticales es de los mejores activos para tratar gliomas difusos sin menoscabo de la función neurológica

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia ⁵	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
					ocasiones convulsiones clónicas y tónicas generalizadas que se diagnosticó con glioma en el parietal izquierdo.	revisión de los resultados arrojados por artículos relacionados con el tema.	
Prat R, Galeano I, López P,	4	Intraoperative brain mapping of	Estudio de cohorte	1	15 pacientes consecutivos	Se aplicó el procedimiento a	En el grupo de pacientes

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia ⁵	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
Ayuso A, Espert R./ Clinical neurology and neurosurgery/ 2020		language, cognitive functions, and social cognition in awake surgery of low-grade gliomas located in the right non-dominant hemisphere.			con glioma difuso de bajo grado cohorta de observación 15 pacientes consecutivos con glioma difuso de bajo grado	los pacientes de la cohorte de observación y se comparó con la cohorte de control que se intervino con otros procedimientos	operados con ioBM en cirugía despierto se obtuvo un 86,66% (DE + - 7,71) de resección, y resección total bruta (GTR) o casi GTR (resección >90%) se logró en 7 de

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia ⁵	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
					cohorte de control		15 pacientes. Por otro lado, en el grupo control se logró un 60,33% (DE + -16,74) de resección.
Pallud O, Rigaux-Viodea A, Callos C,	19	Electroestimulación bipolar eléctrica directa para mapeo	Descriptivo	1	N/A	El artículo describe las razones e indicaciones de los	La craneotomía con paciente despierto para

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia 5	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
Muto C, López C, Meleriob X et al. /Neurocirugía/ /2019		cerebral cortical y subcortical funcional en craneotomía despierto. Consideraciones prácticas.				aspectos prácticos de la electroestimulación eléctrica bipolar directa para mapeo cortical y subcortical en pacientes despiertos usando el protocolo de anestesia dormido-despierto-dormido	neuronavegación y estimulación directa cortico-subcortical para mapeo cerebral son el mejor activo para tratar gliomas difusos y alcanzar resecciones totales mientras se asegura mayor

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia ⁵	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
						para la resección de gliomas cerebrales	preservación de las áreas elocuentes y una mejor calidad.
Díaz I, Gallardo F, Orellana M, Chiarullo M, Álvarez D, Núñez M. / Rev. arg. de neurocirugía / 2022	22	Guía para la resección de gliomas de bajo grado en relación a áreas elocuentes en el paciente despierto con mapeo cortical y subcortical.	Revisión bibliográfica y descriptivo	1	N/A	Descriptivo: Establecimiento de un protocolo para la resección de gliomas cerebrales adyacentes a áreas elocuentes mediante mapeo	El protocolo y metodología utilizada en relación con la cirugía de glioma de bajo grado en relación con áreas elocuentes con el

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia 5	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
						por estimulación directa, Revisión bibliográfica: revisión de indicaciones y contraindicaciones para el procedimiento.	paciente despierto y mapeo cerebral fue posible de una caracterización detallada. A través del mismo, se logró llevar a cabo una correcta coordinación entre las distintas tareas de los profesionales

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia 5	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
							participantes, con adecuada fluidez entre las mismas. No se observaron dificultades en relación a obstáculos en la comunicación con el paciente durante el procedimiento o interrupciones en

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia 5	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
							<p>las labores de cada profesional.</p> <p>Conclusión: Se planteó un protocolo o guía de pasos a seguir durante la realización de un procedimiento neuroquirúrgico específico con el paciente</p>

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia 5	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
							despierto, desde el proceso de selección prequirúrgica hasta la etapa de cuidados postquirúrgicos, el cual creemos que facilitará la compleja interacción entre los múltiples

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia ⁵	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
							profesionales que implica, con la consiguiente mejoría en la eficacia y éxito del procedimiento.
Berger, M./ Journal of neuronc.-/2016	25	Maximizing safe resection of low- and high-grade glioma.	Revisión bibliográfica			Se buscó en fuentes bibliográficas la evidencia que respalda la	Los gliomas de alto y bajo grado son una causa importante de morbilidad y

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia ⁵	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
						extensión de la resección de gliomas cerebrales de alto y bajo grado para mejorar la supervivencia, el manejo de los síntomas y el tiempo hasta que el tumor deviene maligno	mortalidad es Estados Unidos. Los gliomas de bajo grado pueden ser sobrevividos 10 años si la resección es mayor al 90%. Esto se ha comprobado en el 91% de los casos.

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia ⁵	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
							Ahondar en la comprensión de la neuroanatomía mejora la seguridad y los objetivos quirúrgicos
Autor ¹ Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título de artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia ⁵	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
Szelényi A, Bello M,	26	Estimulación eléctrica	Revisión bibliográfica	1	N/A	Revisión bibliográfica	Evidencia creciente de que

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia 5	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
Sduffau H, Signoralli F, Fava M, Feigi C et al. / Enf. de neurocir./ 2010		intraoperatoria en craneotomía despierto: aspectos metodológicos de la práctica actual				relacionada con procedimientos y resultados relacionados con la estimulación eléctrica intraoperatoria en craneotomía despierto para la resección de gliomas de bajo grado.	la estimulación eléctrica intraoperatoria en craneotomía en paciente despierto para la resección de gliomas de bajo grado, está relacionada de manera positiva en la supervivencia

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia ⁵	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
Duffau H/ Progress in neurological surgery/ 2018	28		Revisión bibliográfica	2	N/A	Revisión de estudios que evidencian la conveniencia de una resección de gliomas de alto y bajo grado temprana y lo más extendida posible	Debido a una mejor comprensión de la anatomía cerebral y de su conectividad la intervención en gliomas insulares ha dejado de ser tan peligrosa como hace una década atrás.

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia ⁵	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
Ghinda, C. Et al Duffau, H./ 2017	29	Network Plasticity and Intraoperative Mapping for Personalized Multimodal Management of Diffuse Low-Grade Gliomas	Revisión bibliográfica	1	N/A	Revisión de la teoría disponible sobre la plasticidad del cerebro humano adulto y la reorganización funcional dentro de una estrategia de tratamiento individualizado dinámico	Comprensión de que el manejo de glioma de bajo grado se debe manejar desde una perspectiva multidisciplinaria. Las recientes técnicas de medición neurofisiológica mediante

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia 5	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
						para pacientes afectados por gliomas difusos de bajo grado.	craneotomía despierto inciden en la calidad y sobre vida de los pacientes con tal patología.
De Witt P, Robles S, Zwinderman A, Duffau H, Berger M/ Journal of	30	Impact of intraoperative stimulation brain mapping on glioma surgery outcome: a meta-analysis.	Revisión bibliográfica	1	2	Búsqueda sistemática de estudios relacionados con el impacto de la estimulación	De 5167 publicaciones se recuperadas se seleccionaron 366 publicaciones elegibles,

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia 5	Población	Metodología	Resultados y conclusiones
clinical oncology/2012						intraoperatoria para mapeo cerebral en el resultado de cirugía de glioma. Metanálisis con modelo bayeseano.	mediante consenso se seleccionaron 90, de las cuales 65 se consideraron de buena calidad y 25 de calidad intermedia.

Autor ¹ /Revista ² / Año ³	Re ⁴	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia ⁵	Población	Metodología	Resultados y conclusiones

Fuente: elaboración propia