

Recibido: 2026-05-02

Aceptado: 2026-05-22

Publicado: 2026-06-15

**Mapeo funcional y monitorización neurofisiológica intraoperatoria en la
resección de gliomas supratentoriales de localización elocuente: revisión
narrativa crítica y algoritmo de respuesta ante alertas**

**Intraoperative Functional Mapping and Neurophysiological Monitoring in
the Resection of Supratentorial Gliomas in Eloquent Areas: A Critical
Narrative Review and Algorithm for Responding to Alerts**

Autores

Henry Friman Guillen¹

<https://orcid.org/0000-0002-0899-9088>

nervio@nervio.com.mx

Clínica Sur Hospital
México

Jimmy Fernando Yaguana Torres²

<https://orcid.org/0000-0003-2743-5605>

jimmy.yaguana@yahoo.com

**Universidad Católica Santiago de Guayaquil,
Clínica Sur Hospital**
Guayaquil – Ecuador

Julissa Dayanara Macías Dumes³

<https://orcid.org/0009-0006-6407-334X>

julissa.macias01@cu.ucsg.edu.ec

Universidad Católica de Santiago de Guayaquil
Guayaquil – Ecuador

Fernanda Nicole Iñiguez Navarrete⁴

<https://orcid.org/0009-0004-2348-3938>

fernanda.iniguez@cu.ucsg.edu.ec

Universidad Católica de Santiago de Guayaquil
Guayaquil – Ecuador

Harry Markus Carpio Calderon⁵

<https://orcid.org/0009-0003-8069-7142>

harry.carpio@cu.ucsg.edu.ec

Universidad Católica de Santiago de Guayaquil
Guayaquil – Ecuador

Resumen

Introducción. La resección de gliomas supratentoriales próximos a corteza o tractos funcionalmente relevantes exige equilibrar el beneficio oncológico de una resección amplia con el riesgo de discapacidad neurológica persistente. El mapeo funcional y la monitorización neurofisiológica intraoperatoria ofrecen información distinta y complementaria: el primero localiza tejido funcional; la segunda vigila la integridad de sistemas neurales durante la intervención.

Objetivo. Analizar críticamente los fundamentos, indicaciones, parámetros técnicos, criterios de alarma, limitaciones y utilidad clínica de las principales modalidades de mapeo y monitorización utilizadas en gliomas supratentoriales de localización elocuente, y proponer un algoritmo estructurado de respuesta ante cambios neurofisiológicos.

Métodos. Se realizó una revisión narrativa crítica estructurada, guiada por los dominios de calidad SANRA. La búsqueda se actualizó hasta el 19 de junio de 2026 en PubMed/MEDLINE; PubMed Central se utilizó para recuperar textos completos y la identificación se complementó mediante rastreo de referencias. Se priorizaron guías y declaraciones de posición, revisiones sistemáticas y metaanálisis, estudios prospectivos, cohortes amplias y series técnicas con relevancia directa para cirugía de gliomas supratentoriales. La síntesis se organizó por función en riesgo, modalidad, criterio de alarma y aplicabilidad clínica.

Resultados. La estrategia más sólida es multimodal y se define por la función vulnerable, no por una combinación fija de pruebas. En cirugía motora, los potenciales evocados motores obtenidos mediante estimulación transcraneal o cortical directa deben integrarse con mapeo cortical y subcortical. La pérdida persistente de la respuesta constituye la alerta de mayor gravedad; la reducción de amplitud superior al 50 %, la elevación del umbral y los umbrales subcorticales bajos son indicadores dependientes del paradigma y no reglas universales. La relación aproximada de 1 mA por 1 mm solo es una heurística válida bajo condiciones técnicas comparables. Los potenciales somatosensoriales aportan localización mediante inversión de fase y vigilancia sensitiva, pero no sustituyen la evaluación motora. Para lenguaje, la estimulación eléctrica directa con el paciente despierto continúa siendo la técnica de referencia cuando la selección clínica lo permite; los potenciales evocados cortico-corticales son complementarios y todavía carecen de criterios de alarma estandarizados. La monitorización visual es prometedora, aunque presenta variabilidad técnica y evidencia limitada. Toda alerta requiere descartar causas técnicas, anestésicas y fisiológicas antes de atribuirla a lesión quirúrgica.

Conclusiones. La neurofisiología intraoperatoria debe emplearse como un sistema de decisión clínica predefinido, individualizado y documentado. Su utilidad depende de la concordancia entre modalidades, la estabilidad anestésica, la interpretación experta y una respuesta inmediata del equipo. La evidencia disponible respalda una asociación con mayor seguridad funcional y mejor extensión de resección, pero procede principalmente de estudios observacionales y no justifica atribuir causalidad a una modalidad aislada.

Palabras clave: monitorización neurofisiológica intraoperatoria; mapeo cerebral; glioma; potenciales evocados motores; estimulación eléctrica directa; craneotomía despierta; preservación funcional.

Abstract

Introduction. Resection of supratentorial gliomas located near the cortex or functionally relevant tracts requires balancing the oncological benefit of extensive resection with the risk of persistent neurological disability. Functional mapping and intraoperative neurophysiological monitoring provide distinct and complementary information: the former locates functional tissue; the latter monitors the integrity of neural systems during surgery.

Objective. To critically analyze the rationale, indications, technical parameters, alarm criteria, limitations, and clinical utility of the main mapping and monitoring modalities used in supratentorial gliomas in eloquent locations, and to propose a structured algorithm for responding to neurophysiological changes.

Methods. A structured critical narrative review was conducted, guided by the SANRA quality domains. The search was updated through June 19, 2026, in PubMed/MEDLINE; PubMed Central was used to retrieve full-text articles, and the identification process was supplemented by reference tracking. Priority was given to guidelines and position statements, systematic reviews and meta-analyses, prospective studies, large cohort studies, and case series with direct relevance to supratentorial glioma surgery. The synthesis was organized by function at risk, modality, alarm criteria, and clinical applicability.

Results. The most robust strategy is multimodal and is defined by the vulnerable function, not by a fixed combination of tests. In motor surgery, motor evoked potentials obtained through transcranial or direct cortical stimulation should be integrated with cortical and subcortical mapping. Persistent loss of response constitutes the most serious warning sign; a reduction in amplitude of more than 50%, threshold elevation, and low subcortical thresholds are paradigm-dependent indicators and not universal rules. The approximate ratio of 1 mA per 1 mm is a valid heuristic only under comparable technical conditions. Somatosensory evoked potentials provide localization through phase inversion and sensory monitoring, but they do not replace motor assessment. For speech, direct electrical stimulation with the patient awake remains the gold standard when clinical selection allows; cortico-cortical evoked potentials are complementary and still lack standardized alarm criteria. Visual monitoring shows promise, although it exhibits technical variability and is supported by limited evidence. Any alert requires ruling out technical, anesthetic, and physiological causes before attributing it to surgical injury.

Conclusions. Intraoperative neurophysiology should be used as a predefined, individualized, and documented clinical decision-making system. Its usefulness depends on consistency across modalities, anesthetic stability, expert interpretation, and an immediate response from the team. The available evidence supports an association with greater functional safety and improved extent of resection, but it comes primarily from observational studies and does not justify attributing causality to any single modality.

Keywords: intraoperative neurophysiological monitoring; brain mapping; glioma; motor evoked potentials; direct electrical stimulation; awake craniotomy; functional preservation.

Puntos clave

1. Mapear y monitorizar no son acciones equivalentes: la primera localiza función; la segunda detecta deterioro durante la cirugía.
2. No existe un criterio motor universal. La pérdida de señal, la amplitud, el umbral, la distribución muscular y la reversibilidad deben interpretarse de forma integrada.
3. El umbral subcortical es un marcador de proximidad dependiente del protocolo; la equivalencia $1 \text{ mA} \approx 1 \text{ mm}$ no debe utilizarse como regla anatómica rígida.
4. La estimulación eléctrica directa durante cirugía despierta es la referencia para lenguaje; los CCEP y los PEV son herramientas complementarias con estandarización todavía incompleta.
5. Una alerta solo es útil si activa un algoritmo explícito de verificación técnica, corrección de factores anestésicos y fisiológicos, reversión de la maniobra quirúrgica y reevaluación.

Introducción

La cirugía de los gliomas difusos supratentoriales persigue una resección oncológicamente significativa sin producir una discapacidad que anule el beneficio del tratamiento. La extensión de resección se relaciona con el control tumoral y la supervivencia en poblaciones seleccionadas; sin embargo, un déficit neurológico persistente deteriora la autonomía, la calidad de vida y la posibilidad de completar el tratamiento adyuvante. Por tanto, el objetivo contemporáneo no es la resección máxima en términos puramente anatómicos, sino la resección máxima compatible con la preservación de las funciones relevantes para cada paciente [2-5].

Este principio es especialmente importante cuando el tumor infiltra o desplaza redes motoras, somatosensoriales, lingüísticas, visuales o cognitivas. La anatomía macroscópica, la neuronavegación y la tractografía aportan una estimación preoperatoria, pero no sustituyen la identificación funcional individual. La plasticidad, la infiltración tumoral, el edema y el desplazamiento cerebral modifican la relación entre los reparos anatómicos y la función. En este contexto, la neurofisiología intraoperatoria permite interrogar el sistema nervioso durante la cirugía y convertir información funcional en decisiones sobre el abordaje, la trayectoria y el límite de resección [3,11,12].

La literatura utiliza con frecuencia los términos mapeo y monitorización como si fueran intercambiables. Esta imprecisión tiene consecuencias prácticas. El mapeo responde a la pregunta «¿dónde se encuentra la estructura funcional?», mientras que la monitorización responde a «¿se mantiene funcionalmente íntegra durante la intervención?». El mapeo puede ser cortical o subcortical y se realiza mediante estimulación en puntos sucesivos; la monitorización obtiene respuestas seriadas o continuas para detectar cambios respecto de un registro basal. Una estrategia segura suele requerir ambas funciones, porque una vía puede estar localizada y, aun así, sufrir una lesión mecánica o vascular durante la resección.

La evidencia clínica favorable procede de metaanálisis y cohortes que muestran asociaciones entre el uso de mapeo o monitorización, una mayor extensión de resección y una menor

frecuencia de déficits permanentes. No obstante, la mayoría de los estudios son observacionales, presentan heterogeneidad técnica y están expuestos a sesgo de selección, efecto de centro, experiencia del cirujano y confusión por indicación [3-5,21,22]. En consecuencia, no es científicamente válido atribuir a una modalidad aislada un efecto causal sobre supervivencia o morbilidad.

La principal dificultad para traducir la literatura a la práctica es la ausencia de criterios universales. Los cambios de amplitud, la pérdida de señal, la elevación del umbral y la proximidad estimada mediante estimulación subcortical dependen del tipo de estimulación, el montaje, el músculo registrado, la anestesia, la fisiología sistémica y la geometría del campo eléctrico [6,7,10,13-18]. Una cifra descontextualizada puede inducir una interrupción innecesaria de la resección o, en sentido opuesto, una falsa sensación de seguridad.

El objetivo principal de esta revisión es analizar críticamente los fundamentos, indicaciones, parámetros técnicos, criterios de alarma, limitaciones y utilidad clínica de las principales modalidades de mapeo y monitorización neurofisiológica intraoperatoria empleadas durante la resección de gliomas supratentoriales de localización elocuente. Como objetivos secundarios se plantean: diferenciar con precisión mapeo y monitorización; integrar las modalidades según la función en riesgo; proponer una jerarquía interpretativa de los cambios neurofisiológicos; y formular un algoritmo de respuesta que pueda incorporarse a protocolos institucionales.

Métodos

2.1. Diseño de la revisión

El manuscrito se diseñó como una revisión narrativa crítica estructurada. Esta clasificación se eligió porque la pregunta abarca modalidades heterogéneas, paradigmas técnicos no uniformes y resultados clínicos que no pueden sintetizarse mediante un único estimador. La organización, la argumentación y la transparencia metodológica se guiaron por los dominios de la escala SANRA para revisiones narrativas [1].

No se presenta como revisión sistemática ni como revisión de alcance, porque no se ejecutó un protocolo prospectivo, una búsqueda exhaustiva y reproducible en múltiples bases de datos, ni un proceso de selección y extracción por revisores independientes. Tampoco se realizó una evaluación formal del riesgo de sesgo, requisito necesario para una revisión sistemática de efectividad. Esta delimitación evita atribuir al manuscrito un nivel de exhaustividad metodológica que no puede demostrarse.

2.2. Estrategia de búsqueda y selección

La búsqueda bibliográfica se actualizó hasta el 19 de junio de 2026 en PubMed/MEDLINE; PubMed Central se consultó como repositorio de texto completo. Se combinaron descriptores en inglés y español, entre ellos «glioma», «eloquent brain tumor», «intraoperative neurophysiological monitoring», «functional mapping», «direct electrical stimulation», «motor evoked potentials», «somatosensory evoked potentials», «subcortical mapping», «awake craniotomy», «cortico-cortical evoked potentials» y «visual evoked potentials». La búsqueda se complementó mediante revisión de las referencias de documentos clave y rastreo de artículos relacionados.

Se priorizaron: a) guías, recomendaciones y declaraciones de posición de sociedades científicas; b) revisiones sistemáticas y metaanálisis; c) estudios prospectivos y cohortes amplias; y d) series técnicas que definieran parámetros, umbrales o algoritmos aplicables a la cirugía de gliomas supratentoriales. Se excluyeron publicaciones centradas exclusivamente en columna, médula espinal, fosa posterior, cirugía vascular o epilepsia, salvo cuando aportaban fundamentos metodológicos directamente transferibles. También se excluyeron resúmenes sin texto completo, opiniones sin soporte técnico y referencias cuya información bibliográfica no pudo verificarse.

2.3. Síntesis y evaluación crítica

La evidencia se sintetizó por función en riesgo y por objetivo intraoperatorio: localización, vigilancia, criterio de alarma y respuesta. Para cada modalidad se valoraron la plausibilidad fisiológica, la reproducibilidad, la relación con el resultado posoperatorio, la influencia de factores de confusión y la aplicabilidad a la toma de decisiones. Los umbrales se presentan como referencias condicionadas al protocolo, no como límites universales.

No se realizó metaanálisis ni graduación formal de certeza. Las conclusiones se formularon con lenguaje proporcional al diseño de los estudios. Cuando la evidencia derivó de cohortes o series, se emplearon expresiones de asociación o factibilidad y se evitó inferir causalidad.

3. Marco conceptual: una estrategia definida por la función en riesgo

La selección de modalidades debe comenzar antes de la inducción anestésica. El equipo debe identificar la función vulnerable, el sitio de posible lesión, el mecanismo de daño más probable y la respuesta esperada ante una alerta. La combinación de pruebas por rutina, sin una pregunta clínica explícita, aumenta la complejidad sin garantizar información útil.

El mapeo funcional delimita corteza o sustancia blanca capaz de producir una respuesta motora, sensitiva, lingüística o conductual. Su resultado depende de la densidad de muestreo, la geometría de la sonda, la polaridad, el número de pulsos, la duración del estímulo y la distancia al tejido excitable. La monitorización, por su parte, compara respuestas sucesivas con una línea basal obtenida en condiciones estables. Su rendimiento depende de que los cambios neurofisiológicos precedan o acompañen a una lesión todavía reversible y de que el equipo pueda modificar la conducta quirúrgica [6-12].

Una modalidad negativa no demuestra ausencia de riesgo. Un mapeo negativo puede reflejar una intensidad insuficiente, anestesia profunda, bloqueo neuromuscular, muestreo incompleto o una orientación desfavorable del campo eléctrico. De modo análogo, una monitorización estable no excluye déficits no representados por la vía registrada, como alteraciones de iniciación motora, coordinación, praxis, lenguaje o cognición. La interpretación debe apoyarse en la concordancia entre modalidades y en el déficit que cada una está fisiológicamente capacitada para detectar.

Tabla 1. Selección de modalidades según la función y la estructura en riesgo

Función/estructura	Modalidad principal	Información para la decisión	Limitaciones clave
Sistema motor	PEM por estimulación transcraneal y/o cortical directa; mapeo cortical; mapeo subcortical monopolar de alta frecuencia	Localizar corteza y tracto corticoespinal; detectar deterioro funcional durante la resección	Variabilidad de respuestas miogénicas; activación profunda con estimulación transcraneal; desplazamiento del electrodo cortical; dependencia de anestesia y bloqueo neuromuscular
Sistema somatosensorial	PESS periféricos; registro cortical; inversión de fase	Identificar el surco central y vigilar la vía lemniscal	No evalúa de forma directa el tracto corticoespinal; promediación y latencia de detección; sensibilidad a variables sistémicas
Lenguaje	Estimulación eléctrica directa cortical y subcortical durante cirugía despierta; electrocorticografía; tareas lingüísticas individualizadas	Identificar sitios cuya estimulación produce errores reproducibles y definir límites funcionales	Requiere selección y cooperación del paciente; riesgo de posdescargas epileptiformes o crisis; dependencia de idioma, tarea y experiencia del equipo
Conectividad lingüística	Potenciales evocados cortico-corticales	Explorar conectividad entre regiones lingüísticas y vigilar cambios bajo anestesia general	Ausencia de protocolos y umbrales universales; variabilidad de amplitud; evidencia clínica todavía limitada
Cognición superior	Tareas neuropsicológicas dirigidas durante cirugía despierta	Evaluar funciones ejecutivas, atención, memoria de trabajo, cognición social o habilidades visuoespaciales seleccionadas	Carga de prueba, fatiga, baja estandarización y riesgo de falsos positivos; evidencia heterogénea
Sistema visual	Tareas de campo visual en vigilia; PEV por estimulación de destello; PEV cortical directo; mapeo de radiaciones ópticas	Vigilar la vía visual o identificar límites funcionales de las radiaciones ópticas	Alta variabilidad técnica; dependencia del estímulo retiniano y la posición ocular; criterios de alarma no consolidados

Nota. PEM: potenciales evocados motores; PESS: potenciales evocados somatosensoriales; PEV: potenciales evocados visuales.

4. Preservación del sistema motor

4.1. Potenciales evocados motores y mapeo cortical

Los potenciales evocados motores miogénicos permiten vigilar la integridad funcional del sistema corticoespinal desde la estimulación hasta el músculo registrado. La estimulación eléctrica transcraneal ofrece cobertura bilateral y no requiere exposición cortical, pero puede activar axones en niveles relativamente profundos cuando se utilizan intensidades elevadas. Esto reduce su capacidad para detectar algunas lesiones corticales superficiales. La estimulación cortical directa mediante tira o rejilla sobre el giro precentral es más focal y puede requerir menor intensidad; sin embargo, depende de una colocación correcta y es vulnerable al desplazamiento del electrodo durante la resección [6,7,19].

La línea basal debe obtenerse después de estabilizar anestesia, temperatura, presión arterial, ventilación y bloqueo neuromuscular. Deben registrarse músculos representativos de extremidades superior e inferior, con controles contralaterales cuando sea posible. La respuesta miogénica es polifásica y variable; por ello, la interpretación no debe limitarse a una medición automática de amplitud. Son relevantes la pérdida completa, la reproducibilidad, el número de músculos afectados, la lateralidad, la elevación del umbral, la relación temporal con una maniobra quirúrgica y la recuperación después de la intervención correctiva [6,7,10].

El mapeo cortical motor identifica sitios capaces de generar respuestas y ayuda a seleccionar el corredor de entrada. La estimulación bipolar de baja frecuencia concentra el campo entre las puntas de la sonda y conserva un papel central en mapeo cortical; la estimulación monopolar de alta frecuencia resulta útil bajo anestesia general y en determinados tumores del área motora primaria. El paradigma debe especificarse en el protocolo y en el informe, porque la positividad de un sitio depende del tipo de estímulo y no puede compararse entre técnicas sin ajustar esos parámetros [12,31].

4.2. Mapeo subcortical del tracto corticoespinal

El mapeo subcortical monopolar de alta frecuencia se utiliza para detectar fibras motoras en la pared de la cavidad. En protocolos clásicos se aplica un tren corto de cinco pulsos, con intervalos cercanos a 4 ms y duraciones de pulso alrededor de 500 μ s; la intensidad se reduce de forma progresiva hasta obtener el umbral mínimo motor. La estimulación dinámica integrada en una cánula de aspiración disminuye los intervalos sin muestreo y ofrece retroalimentación inmediata en el punto de resección [13-16].

La relación entre intensidad y distancia se ha descrito de forma aproximadamente lineal en determinados sistemas, lo que originó la heurística de 1 mA por 1 mm. Esta equivalencia no es una medición anatómica directa. Cambia con la polaridad, el número y la duración de pulsos, la geometría de la sonda, la orientación de las fibras, el edema, la infiltración tumoral, la cavidad llena de líquido y la conductividad del tejido. Por tanto, solo puede utilizarse como tendencia dentro de un mismo paciente, con el mismo equipo y el mismo paradigma [13-18].

Los datos contemporáneos apoyan una interpretación escalonada. En series con estimulación monopolar de tren corto, un umbral igual o inferior a 5 mA indica una zona de riesgo creciente y obliga a aumentar la frecuencia de evaluación y a revisar la trayectoria. Un umbral igual o inferior a 3 mA se asocia con mayor probabilidad de déficit motor, pero no constituye por sí solo una regla universal de detención. El metaanálisis de mapeo dinámico publicado en 2026 encontró mayor riesgo de déficits transitorios y permanentes en el grupo de 1 a 3 mA; la amplitud de los intervalos de confianza, la inclusión de series de casos y la heterogeneidad técnica exigen prudencia [18].

El mapeo subcortical identifica proximidad y riesgo de lesión mecánica, pero no vigila adecuadamente mecanismos vasculares. Una isquemia del sistema motor puede aparecer sin un cambio previo del umbral en la pared de resección. Por ello, la combinación de mapeo subcortical y monitorización de PEM es superior conceptualmente a cualquiera de las dos estrategias de forma aislada [14-17].

4.3. Criterios de alarma motores

La revisión de alcance de Asimakidou y colaboradores mostró una marcada heterogeneidad entre estudios. La pérdida de la señal fue el criterio más consistentemente considerado como alerta mayor, seguida por la reducción de amplitud y la elevación del umbral [10]. En consecuencia, la reducción de amplitud superior al 50 % no debe presentarse como un criterio universal. Su valor aumenta cuando es persistente, focal, reproducible, afecta a varios músculos de una misma distribución y aparece en relación temporal con la manipulación de una región de riesgo.

En la monitorización cortical directa se ha utilizado una elevación sostenida del umbral de estimulación de 5 mA o más, bajo condiciones estables, como indicio de deterioro. El significado de este cambio depende del montaje, de la impedancia, del contacto del electrodo y de la ausencia de desplazamiento. En la estimulación transcraneal, un aumento de intensidad puede compensar variaciones anestésicas y ocultar un deterioro progresivo; por ello, los

cambios de parámetros deben documentarse y no utilizarse para «normalizar» una respuesta sin analizar su causa [6,13,17].

La preservación de los PEM reduce la probabilidad de una lesión corticoespinal grave, pero no descarta síndrome del área motora suplementaria, apraxia, alteraciones de iniciación motora ni déficits por estructuras no registradas. Giampiccolo y colaboradores describieron déficits posoperatorios a pesar de PEM preservados, con recuperación frecuente a largo plazo; este patrón ilustra que la monitorización informa sobre la vía registrada, no sobre la totalidad de la función motora [20].

Tabla 2. Interpretación práctica de los principales cambios neurofisiológicos

Modalidad	Cambio o umbral	Interpretación	Conducta inicial
PEM transcraneales o corticales	Pérdida completa y persistente de una respuesta previamente estable	Alerta mayor después de excluir fallo técnico, cambio anestésico, bloqueo neuromuscular y deterioro sistémico	Detener la maniobra; comprobar sistema y fisiología; revertir tracción, coagulación o compresión; repetir en condiciones idénticas
PEM transcraneales o corticales	Reducción persistente de amplitud ≥ 50 %	Criterio frecuente, pero no universal. Mayor peso si es focal, reproducible y afecta a varios músculos concordantes	Analizar tendencia, lateralidad y relación temporal; no decidir por un único barrido aislado
PEM por estimulación cortical directa	Elevación sostenida del umbral ≥ 5 mA	Posible disminución de excitabilidad, isquemia o cambio de contacto/posición del electrodo	Verificar tira cortical e impedancias; revisar anestesia y perfusión; correlacionar con amplitud y mapeo
Mapeo subcortical monopolar	Umbral ≤ 5 mA	Proximidad funcional relevante en protocolos de tren corto; zona de riesgo creciente	Reducir velocidad de resección; aumentar frecuencia del mapeo; modificar dirección y evaluar beneficio funcional-oncológico
Mapeo subcortical monopolar	Umbral ≤ 3 mA	Frontera de alto riesgo en series y metaanálisis recientes; no es regla absoluta fuera del paradigma validado	Evitar avanzar hacia la respuesta; considerar límite funcional, especialmente si existe cambio concordante de PEM
PESS	Reducción de amplitud > 50 % o aumento de latencia > 10 %	Criterios tradicionales; dependen de reproducibilidad, promediación, anestesia y variables sistémicas	Confirmar adquisición y estimulación periférica; corregir perfusión, temperatura y anestesia; correlacionar con otras modalidades
CCEP o PEV	Disminución o pérdida de respuesta	No existe un umbral universal validado para cirugía de glioma	Exigir reproducibilidad, controles técnicos y concordancia clínica; evitar decisiones irreversibles basadas en un cambio aislado

Nota. Los valores son referencias orientativas derivadas de protocolos publicados. Deben predefinirse para cada laboratorio y aplicarse únicamente bajo condiciones técnicas comparables. CCEP: potenciales evocados cortico-corticales.

5. Potenciales evocados somatosensoriales y localización del surco central

Los potenciales evocados somatosensoriales evalúan la vía periférica, cordonal posterior-lemniscal, talámica y cortical. En cirugía supratentorial, su aplicación más específica es la identificación del surco central mediante inversión de fase de los componentes corticales registrados a ambos lados del surco. Esta información es útil cuando la anatomía está distorsionada y ayuda a colocar una tira de estimulación sobre la corteza motora [8,9].

Como modalidad de monitorización, los PESS pueden detectar compromiso de la vía somatosensorial o cambios globales de perfusión; sin embargo, la necesidad de promediación introduce una demora respecto de los PEM, y una respuesta estable no excluye lesión motora.

Los criterios tradicionales —reducción de amplitud mayor del 50 % o prolongación de latencia superior al 10 %— deben confirmarse en series reproducibles y con controles periféricos adecuados [8,9].

La interpretación exige revisar el estímulo periférico, las respuestas del punto de Erb o poplíteas cuando estén disponibles, los componentes subcorticales y el registro cortical. Un cambio limitado al potencial cortical con respuestas periféricas preservadas orienta a un problema central; una disminución generalizada bilateral sugiere antes una causa anestésica, fisiológica o técnica. La utilidad principal de los PESS en esta cirugía es complementaria: localizan y vigilan la vía sensitiva, pero no deben utilizarse como sustituto de la monitorización motora.

6. Lenguaje y cognición: mapeo durante cirugía despierta

6.1. La cirugía despierta como plataforma funcional

La craneotomía despierta es una estrategia anestésico-quirúrgica que permite evaluar conducta y lenguaje durante la resección; no constituye, por sí misma, una modalidad neurofisiológica. La técnica funcional de referencia es la estimulación eléctrica directa cortical y subcortical mientras el paciente ejecuta tareas previamente entrenadas. Los metaanálisis disponibles respaldan su asociación con una mayor extensión de resección y una menor frecuencia de déficits lingüísticos permanentes en pacientes seleccionados, aunque la evidencia es predominantemente observacional [3-5,24].

La indicación debe establecerse según la red en riesgo y no solo por la proximidad a un área anatómica clásica. La evaluación preoperatoria debe determinar dominancia lingüística, rendimiento basal, capacidad de cooperación, fatiga, ansiedad, control de crisis, barreras culturales y pertinencia de las tareas. Un déficit basal grave puede impedir distinguir un error inducido por estimulación de la variabilidad espontánea. La selección del paciente y la experiencia del equipo son determinantes del rendimiento.

Las tareas deben ser breves, reproducibles y específicas para el sitio de riesgo. La denominación de imágenes es frecuente, pero no evalúa por sí sola comprensión, lectura, fluencia, repetición, semántica ni redes subcorticales. La batería debe adaptarse al idioma, escolaridad, profesión y objetivos funcionales del paciente. Un sitio se considera funcionalmente relevante cuando la estimulación produce un error reproducible, específico y temporalmente relacionado, sin posdescargas epileptiformes, dolor, movimiento involuntario ni una respuesta motora negativa que explique el error.

La electrocorticografía permite detectar posdescargas epileptiformes y apoyar el ajuste de la intensidad. Su uso y montaje varían entre centros; cuando no se dispone de ella, el equipo debe extremar la observación clínica y aplicar protocolos de estimulación conservadores. Una crisis inducida exige detener la estimulación, irrigar con solución fría según el protocolo institucional y restablecer un nivel de desempeño estable antes de continuar.

6.2. Funciones cognitivas superiores

La preservación funcional no se limita a la fuerza y al lenguaje proposicional. Las alteraciones ejecutivas, visuoespaciales, atencionales o de cognición social pueden comprometer el retorno laboral y la autonomía, aun cuando el examen neurológico convencional sea normal. La revisión de de Zwart y Ruis documentó una expansión progresiva de las tareas intraoperatorias más allá del lenguaje, pero también una considerable heterogeneidad en instrumentos, criterios de error y seguimiento [23].

La evaluación cognitiva intraoperatoria debe ser selectiva. Incorporar múltiples tareas sin una hipótesis anatómico-funcional aumenta la fatiga y los falsos positivos. Deben priorizarse dominios vinculados con la red afectada, con una línea basal preoperatoria y un criterio explícito para detener o modificar la resección. En la actualidad, la evidencia respalda la factibilidad más que la eficacia comparativa de la mayoría de estas tareas.

6.3. Potenciales evocados cortico-corticales

Los potenciales evocados cortico-corticales se obtienen mediante estimulación eléctrica de pulsos únicos y registro en regiones corticales conectadas. Permiten estudiar conectividad efectiva y se han aplicado para identificar y vigilar redes lingüísticas bajo anestesia general. Su principal atractivo es ofrecer información de red cuando la cirugía despierta no es posible o resulta incompleta [25].

No obstante, los CCEP no deben considerarse equivalentes a la evaluación conductual directa. La amplitud depende del contacto, la distancia, la orientación cortical, el estado anestésico y el número de promedios. No existe un umbral de reducción universalmente validado ni evidencia suficiente para afirmar superioridad frente a la estimulación directa en vigilia. La publicación de Cheon y colaboradores fue objeto de una corrección posterior, que debe consultarse junto con el artículo original [25,26]. En la práctica actual, los CCEP son una herramienta complementaria para centros con experiencia, no un sustituto automático del mapeo conductual.

7. Preservación de la función visual

Los gliomas temporales, parietales y occipitales pueden comprometer las radiaciones ópticas o la corteza visual. Los déficits campimétricos afectan la lectura, la conducción y la autonomía; por ello, deben incluirse en la planificación funcional cuando la trayectoria de resección se aproxima a la vía visual.

En cirugía despierta se han descrito tareas de detección de estímulos en cuadrantes del campo visual durante la estimulación cortical o subcortical. Conti Nibali y colaboradores demostraron la factibilidad de una tarea visual intraoperatoria en pacientes seleccionados, pero la evidencia procede de series especializadas y no permite inferir una reducción causal de déficits [27].

Los PEV por estimulación de destello y los PEV corticales directos buscan vigilar la continuidad funcional desde la retina hasta la corteza. Los registros dependen de una estimulación retiniana estable, la posición ocular, la transmisión de luz, la anestesia y la calidad del registro occipital. Shah y colaboradores comunicaron viabilidad de PEV corticales directos durante resección tumoral, aunque el tamaño muestral y la ausencia de criterios universales limitan su generalización [28].

En consecuencia, la estrategia visual debe individualizarse. Cuando el paciente puede colaborar, la evaluación conductual aporta una medida funcional inmediata. Bajo anestesia general, los PEV pueden utilizarse como complemento si el centro dispone de un protocolo validado, controles retinianos y criterios definidos de reproducibilidad. Un cambio aislado no debe determinar por sí solo la interrupción de la resección.

8. Neuroanestesia y variables fisiológicas

La interpretación neurofisiológica es inseparable del manejo anestésico. Los agentes volátiles y los bolos de hipnóticos reducen la amplitud y aumentan la variabilidad de PEM y PESS. Por esta razón, la anestesia intravenosa total suele preferirse en procedimientos con PEM miogénicos; si se utilizan agentes inhalados, su concentración debe mantenerse baja y estable. Los cambios anestésicos deben comunicarse antes de modificar la profundidad para evitar alertas falsas [6-9,29].

El bloqueo neuromuscular debe evitarse o mantenerse en un nivel mínimo y estable después de la intubación cuando se registran respuestas musculares. La monitorización del tren de cuatro permite distinguir una pérdida de respuesta central de un cambio en la transmisión

neuromuscular. La ausencia de una medición objetiva del bloqueo debilita la interpretación de cualquier variación de amplitud.

La presión arterial, la oxigenación, la ventilación, la temperatura, el hematocrito y la perfusión cerebral deben mantenerse dentro de objetivos individualizados. Una caída generalizada bilateral de respuestas obliga a buscar primero una causa sistémica; un cambio focal relacionado con el campo quirúrgico sugiere lesión local, pero no la demuestra hasta completar la verificación. Deben evitarse bolos anestésicos, cambios bruscos de ventilación y relajantes musculares durante periodos críticos de mapeo.

La comunicación es una intervención de seguridad. Antes de la incisión, neurocirugía, anestesia, neurofisiología y neuropsicología deben acordar las modalidades, los valores basales, los criterios de alerta, los pasos de rescate y quién tiene autoridad para declarar una alerta. La monitorización sin un acuerdo preoperatorio sobre la respuesta genera información, pero no necesariamente previene lesión [29,30].

9. Algoritmo de respuesta ante una alerta neurofisiológica

Una alerta debe comunicarse de forma inmediata, específica y verificable. La frase «hay cambios» es insuficiente. El mensaje debe identificar modalidad, lateralidad, músculos o canales afectados, magnitud, persistencia, momento de aparición y relación con la maniobra quirúrgica. La primera acción es detener temporalmente la manipulación en curso mientras se ejecuta una verificación paralela.

El algoritmo propuesto no sustituye el juicio clínico. Su función es evitar dos errores opuestos: continuar la resección ante una lesión potencialmente reversible o abandonar prematuramente una resección por un artefacto. La decisión final debe integrar la concordancia entre modalidades, la reversibilidad, el umbral de mapeo, la función esperada, el beneficio oncológico incremental y la preferencia informada del paciente.

Tabla 3. Algoritmo estructurado de respuesta ante cambios neurofisiológicos

Fase	Acciones prioritarias	Criterio para avanzar
1. Declarar y detener	Comunicar modalidad, distribución, magnitud y tiempo. Detener la maniobra potencialmente causal y mantener el campo estable.	La alerta queda temporalmente vinculada a una maniobra concreta o se identifica como cambio espontáneo.
2. Verificar el sistema	Revisar electrodos, impedancias, cables, estimulador, artefacto, intensidad, promediación y posición de la tira cortical. Repetir el registro sin cambiar parámetros.	Se confirma un cambio reproducible o se identifica y corrige una causa técnica.
3. Revisar anestesia y fisiología	Comprobar bolos, concentración de anestésico, bloqueo neuromuscular y tren de cuatro; revisar presión arterial, oxigenación, CO ₂ , temperatura y hemoglobina.	Las variables se restablecen a condiciones comparables con la línea basal.

Fase	Acciones prioritarias	Criterio para avanzar
4. Localizar el mecanismo	Diferenciar cambio focal de generalizado; comparar lado contralateral y músculos no expuestos; integrar PEM, PESS, mapeo subcortical y estado conductual.	Se estima si el mecanismo es mecánico, vascular, anestésico, fisiológico o técnico.
5. Revertir la causa quirúrgica	Liberar retracción, retirar instrumento o material compresivo, irrigar, revisar vasos, detener coagulación, elevar perfusión según el acuerdo del equipo y modificar la dirección de resección.	Se documenta recuperación completa, parcial o ausencia de recuperación.
6. Reevaluar el objetivo	Si la respuesta se recupera, continuar con mayor vigilancia y una estrategia modificada. Si el cambio persiste, valorar límite funcional, umbral subcortical, déficit previsto y beneficio oncológico adicional.	La decisión de continuar, redirigir o detener queda explícitamente consensuada y registrada.
7. Documentar y auditar	Registrar valores basales, hora del cambio, intervención, evolución, decisión y resultado neurológico posoperatorio.	El caso alimenta la revisión de calidad y la recalibración de criterios institucionales.

Resultados clínicos y límites de la evidencia

Los metaanálisis históricos de mapeo por estimulación y los análisis contemporáneos de técnicas preoperatorias e intraoperatorias muestran una asociación favorable con la extensión de resección y con la reducción de déficits permanentes, especialmente en tumores próximos a redes motoras o lingüísticas [3-5]. Las cohortes institucionales también describen resultados funcionales favorables tras incorporar estrategias multimodales [21,22].

Estas asociaciones no demuestran que la monitorización sea el único determinante. Los centros que utilizan mapeo avanzado suelen concentrar mayor volumen, equipos especializados, neuroimagen de alta calidad y cirujanos con experiencia. La selección de pacientes para cirugía despierta o mapeo motor tampoco es aleatoria. La heterogeneidad en la definición de déficit, el momento del seguimiento y la medición de la extensión de resección limita la comparación entre estudios.

La ausencia de cambios neurofisiológicos no equivale a ausencia de lesión. Los falsos negativos pueden aparecer cuando la estructura dañada no está representada en el montaje, cuando la estimulación activa la vía por debajo del sitio de lesión o cuando el déficit depende de redes de asociación. Los falsos positivos pueden originarse en anestesia, hipotensión, desplazamiento de electrodos, cambios de impedancia o criterios demasiado sensibles. La calidad de una estrategia se mide por su capacidad para producir decisiones correctas, no por el número de modalidades conectadas.

La revisión tiene limitaciones propias de su diseño narrativo: no incluye selección duplicada, evaluación formal del riesgo de sesgo ni metaanálisis. Además, las innovaciones publicadas en centros altamente especializados pueden no ser reproducibles en entornos con menor volumen. Las recomendaciones prácticas deben considerarse una síntesis razonada y no una guía con graduación formal de evidencia.

11. Estandarización, informe y control de calidad

Cada institución debe disponer de un protocolo escrito que especifique indicaciones, montajes, parámetros de estimulación, músculos o canales, frecuencia de adquisición, definición de línea basal, criterios de alerta y algoritmo de rescate. El informe debe permitir reconstruir la secuencia intraoperatoria y no limitarse a una conclusión dicotómica de «sin cambios».

Como conjunto mínimo, el informe debe incluir: diagnóstico y localización; función en riesgo; modalidades utilizadas y motivo; anestesia y bloqueo neuromuscular; parámetros de estimulación y registro; valores basales; umbrales corticales y subcorticales; cambios, hora y distribución; intervenciones correctivas; grado de recuperación; comunicación al cirujano; decisión tomada; y correlación con el examen posoperatorio.

Los resultados deben auditarse periódicamente. La revisión conjunta de déficits permanentes, alertas reversibles, falsos positivos y falsos negativos permite ajustar umbrales y detectar fallos de proceso. La telemonitorización puede ampliar el acceso a interpretación experta, pero exige estándares equivalentes de latencia de comunicación, seguridad de datos, documentación, cobertura de contingencias y responsabilidad clínica.

La competencia no se reduce al manejo del equipo. Requiere formación en neuroanatomía funcional, electrofisiología, anestesia, mecanismos de lesión y comunicación en crisis. Los protocolos internacionales de la IFCN, la International Society of Intraoperative Neurophysiology, la ASNM y la ACNS deben utilizarse como referencia, adaptándolos al procedimiento y al marco regulatorio local [6-9].

Conclusiones

El mapeo funcional y la monitorización neurofisiológica intraoperatoria son componentes complementarios de la resección de gliomas supratentoriales de localización elocuente. Su valor no reside en una tecnología aislada, sino en la capacidad de localizar función, detectar deterioro, identificar su causa y modificar la conducta antes de que la lesión sea irreversible.

En cirugía motora, la estrategia con mayor coherencia fisiológica combina PEM, mapeo cortical y mapeo subcortical. La pérdida persistente de señal representa la alerta más grave; las variaciones de amplitud, el aumento del umbral y los umbrales subcorticales bajos deben interpretarse según el paradigma, la distribución y la reversibilidad. La equivalencia entre corriente y distancia es una aproximación, no una regla anatómica.

Para lenguaje, la estimulación eléctrica directa durante cirugía despierta continúa siendo la técnica de referencia cuando el paciente es elegible. Los CCEP ofrecen una alternativa o complemento prometedor bajo anestesia general, pero todavía no sustituyen la evaluación conductual. La monitorización visual y cognitiva debe reservarse para protocolos con objetivos definidos y experiencia suficiente.

La evidencia disponible respalda una asociación entre estrategias funcionales y mejores resultados quirúrgicos, pero su naturaleza observacional impide atribuir causalidad a una modalidad aislada. La prioridad futura es estandarizar parámetros, resultados y seguimiento, y evaluar prospectivamente algoritmos de decisión. En la práctica actual, la seguridad depende de cinco elementos inseparables: selección correcta, técnica reproducible, anestesia estable, interpretación experta y respuesta coordinada del equipo.

Referencias

1. Baethge C, Goldbeck-Wood S, Mertens S. SANRA-a scale for the quality assessment of narrative review articles. *Res Integr Peer Rev.* 2019;4:5. doi:10.1186/s41073-019-0064-8.
2. Weller M, van den Bent M, Preusser M, et al. EANO guidelines on the diagnosis and treatment of diffuse gliomas of adulthood. *Nat Rev Clin Oncol.* 2021;18(3):170-186. doi:10.1038/s41571-020-00447-z.
3. Mirza AB, Vastani A, Suvarna R, Rashed S, Al-Omari A, Mthunzi E, et al. Preoperative and intraoperative neuromonitoring and mapping techniques impact oncological and functional outcomes in supratentorial function-eloquent brain tumours: a systematic review and meta-analysis. *EClinicalMedicine.* 2025;80:103055. doi:10.1016/j.eclinm.2024.103055.
4. de Witt Hamer PC, Gil Robles S, Zwinderman AH, Duffau H, Berger MS. Impact of intraoperative stimulation brain mapping on glioma surgery outcome: a meta-analysis. *J Clin Oncol.* 2012;30(20):2559-2565. doi:10.1200/JCO.2011.38.4818.
5. Gerritsen JKW, Arends L, Klimek M, Dirven CMF, Vincent AJPE. Impact of intraoperative stimulation mapping on high-grade glioma surgery outcome: a meta-analysis. *Acta Neurochir (Wien).* 2019;161(1):99-107. doi:10.1007/s00701-018-3732-4.
6. MacDonald DB, Skinner S, Shils J, Yingling C. Intraoperative motor evoked potential monitoring: a position statement by the American Society of Neurophysiological Monitoring. *Clin Neurophysiol.* 2013;124(12):2291-2316. doi:10.1016/j.clinph.2013.07.025.
7. Legatt AD, Emerson RG, Epstein CM, MacDonald DB, Deletis V, Bravo RJ, López JR. ACNS guideline: transcranial electrical stimulation motor evoked potential monitoring. *J Clin Neurophysiol.* 2016;33(1):42-50. doi:10.1097/WNP.0000000000000253.
8. MacDonald DB, Dong C, Quatrone R, Sala F, Skinner S, Soto F, Szelényi A. Recommendations of the International Society of Intraoperative Neurophysiology for intraoperative somatosensory evoked potentials. *Clin Neurophysiol.* 2019;130(1):161-179. doi:10.1016/j.clinph.2018.10.008.
9. Toleikis JR, Pace C, Jahangiri FR, Hemmer LB, Toleikis SC. Intraoperative somatosensory evoked potential (SEP) monitoring: an updated position statement by the American Society of Neurophysiological Monitoring. *J Clin Monit Comput.* 2024;38(5):1003-1042. doi:10.1007/s10877-024-01201-x.
10. Asimakidou E, Álvarez Abut P, Raabe A, Seidel K. Motor evoked potential warning criteria in supratentorial surgery: a scoping review. *Cancers (Basel).* 2021;13(11):2803. doi:10.3390/cancers13112803.

11. You H, Qiao H. Intraoperative neuromonitoring during resection of gliomas involving eloquent areas. *Front Neurol.* 2021;12:658680. doi:10.3389/fneur.2021.658680.
12. Morshed RA, Young JS, Lee AT, Hervey-Jumper SL. Functional mapping for glioma surgery, part 2: intraoperative mapping tools. *Neurosurg Clin N Am.* 2021;32(1):75-81. doi:10.1016/j.nec.2020.09.001.
13. Plans G, Fernández-Conejero I, Rifà-Ros X, et al. Evaluation of the high-frequency monopolar stimulation technique for mapping and monitoring the corticospinal tract in patients with supratentorial gliomas: a proposal for intraoperative management based on neurophysiological data analysis in a series of 92 patients. *Neurosurgery.* 2017;81(4):585-594. doi:10.1093/neuros/nyw087.
14. Seidel K, Beck J, Stieglitz L, Schucht P, Raabe A. The warning-sign hierarchy between quantitative subcortical motor mapping and continuous motor evoked potential monitoring during resection of supratentorial brain tumors. *J Neurosurg.* 2013;118(2):287-296. doi:10.3171/2012.10.JNS12895.
15. Raabe A, Beck J, Schucht P, Seidel K. Continuous dynamic mapping of the corticospinal tract during surgery of motor eloquent brain tumors: evaluation of a new method. *J Neurosurg.* 2014;120(5):1015-1024. doi:10.3171/2014.1.JNS13909.
16. Seidel K, Schucht P, Beck J, Raabe A. Continuous dynamic mapping to identify the corticospinal tract in motor eloquent brain tumors: an update. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg.* 2020;81(2):105-110. doi:10.1055/s-0039-1698384.
17. Seidel K, Wagner N, Wermelinger J, Álvarez Abut P, et al. Motor evoked potential monitoring and continuous dynamic mapping: warning criteria during surgery on motor eloquent intra-axial brain tumors. *Clin Neurophysiol.* 2025;178:2110979. doi:10.1016/j.clinph.2025.2110979.
18. El Mohamad A, Msheik A, Krishnan R, Al Ghazou M, Eid A, Alhajjali A, et al. Continuous dynamic subcortical mapping of corticospinal tract: a systematic review and meta-analysis. *Surg Neurol Int.* 2026;17:90. doi:10.25259/SNI_747_2025.
19. Viganò L, Callipo V, Lamperti M, et al. Transcranial versus direct electrical stimulation for intraoperative motor-evoked potential monitoring: prognostic value comparison in asleep brain tumor surgery. *Front Oncol.* 2022;12:963669. doi:10.3389/fonc.2022.963669.
20. Giampiccolo D, Parisi C, Meneghelli P, et al. Long-term motor deficit in brain tumour surgery with preserved intra-operative motor-evoked potentials. *Brain Commun.* 2021;3(1):fcaa226. doi:10.1093/braincomms/fcaa226.
21. Staub-Bartelt F, Suresh Babu MP, Szelényi A, Rapp M, Sabel M. Establishment of different intraoperative monitoring and mapping techniques and their impact on survival, extent of resection, and clinical outcome in patients with high-grade gliomas: a series of 631 patients in 14 years. *Cancers (Basel).* 2024;16(5):926. doi:10.3390/cancers16050926.
22. Ilgaz Aydinlar E, Sari R, Yalinay Dikmen P, Elmaci I. Intraoperative neurophysiologic monitoring improves neurologic outcomes in eloquent brain areas and aids in increasing the volume of resected glioma: current results compared with historical controls. *J Clin Neurophysiol.* 2025;42(4):343-349. doi:10.1097/WNP.0000000000001127.
23. de Zwart B, Ruis C. An update on tests used for intraoperative monitoring of cognition during awake craniotomy. *Acta Neurochir (Wien).* 2024;166:204. doi:10.1007/s00701-024-06062-6.
24. Bu LH, Zhang J, Lu JF, Wu JS. Glioma surgery with awake language mapping versus generalized anesthesia: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Rev.* 2021;44(4):1997-2011. doi:10.1007/s10143-020-01418-9.
25. Cheon TM, Yoon SH, Kim MJ, Kim KM. Intraoperative language area mapping: cortico-cortical evoked potential. *Brain Tumor Res Treat.* 2025;13(2):39-44. doi:10.14791/btrt.2025.0008.
26. Cheon TM, Yoon SH, Kim MJ, Kim KM. Correction of content, table, and funding statement of the article "Intraoperative language area mapping: cortico-cortical evoked potential". *Brain Tumor Res Treat.* 2025;13(4):171-172. doi:10.14791/btrt.2025.0008e.

27. Conti Nibali M, Leonetti A, Puglisi G, et al. Preserving visual functions during gliomas resection: feasibility and efficacy of a novel intraoperative task for awake brain surgery. *Front Oncol.* 2020;10:1485. doi:10.3389/fonc.2020.01485.
28. Shah HA, Begley S, Unadkat P, Hugo K, Schulder M. Direct-cortical visual evoked potential monitoring during brain tumor resection. *J Clin Neurosci.* 2023;115:1-7. doi:10.1016/j.jocn.2023.06.014.
29. Adkins GB, Mirallave Pescador A, Koht AH, Gosavi SP. Intraoperative neuromonitoring in intracranial surgery. *BJA Educ.* 2024;24(5):173-182. doi:10.1016/j.bjae.2024.02.002.
30. Guzzi G, Della Puppa A, Saladini M. Intraoperative neurophysiological monitoring in neurosurgery. *J Clin Med.* 2024;13(10):2966. doi:10.3390/jcm13102966.
31. Chen JS, Bergsneider B, Haddad AF, et al. Intraoperative functional brain mapping for glioma surgery. *J Neurooncol.* 2026;178:62. doi:10.1007/s11060-026-05664-7.

Contribuciones de autoría

Henry Friman Guillen: conceptualización, supervisión, validación científica, revisión crítica y edición final.

Jimmy Fernando Yaguana Torres: búsqueda bibliográfica, análisis de la literatura y redacción del borrador.

Julissa Dayanara Macías Dumes: búsqueda bibliográfica, organización de la evidencia y redacción del borrador.

Fernanda Nicole Iñiguez Navarrete: búsqueda bibliográfica, curación de información y revisión del manuscrito.

Harry Markus Carpio Calderón: metodología, revisión crítica, edición académica y gestión del proyecto.

Financiación

Los autores declaran que no recibieron financiación específica para la elaboración de este manuscrito.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés relacionados con el contenido del manuscrito.

Consideraciones éticas

Por tratarse de una revisión de literatura, no fue necesaria la aprobación de un comité de ética ni la obtención de consentimiento informado.

Disponibilidad de datos

No se generaron conjuntos de datos primarios. Las fuentes analizadas se encuentran citadas en la bibliografía.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial

Durante la preparación de esta versión se utilizó una herramienta de inteligencia artificial generativa como apoyo para la edición lingüística y la organización del texto. Los autores revisaron y validaron el contenido científico, las referencias y las conclusiones, y asumen plena responsabilidad por la versión final.