

Primera guía mexicana multidisciplinaria para cirugía con paciente despierto y mapeo eléctrico directo en el tratamiento de lesiones cerebrales en áreas elocuentes

Núñez-Velasco Santiago¹, Moreno-Jiménez Sergio², Avendaño-Méndez Padilla Javier³, Gómez-Amador Juan Luis², Navarro-Bonet Jorge³, García-Iturbide Ricardo², Molina-Martínez Cristian Alejandro², Pech-Cervantes Claudio Hiram², Pérez-Castillo Arelí², Lucio-Soria José², Ochoa-Martínez Edith Elizabeth⁴, Arellano-Reynoso Alfonso², Mejía-Pérez Sonia^{2*}

¹Servicio de Neurocirugía, Clínica de Tumores Cerebrales, Hospital Civil de Guadalajara, Fray Antonio Alcalde

²Departamento de Neurocirugía del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía, Manuel Velasco Suárez

³Hospital Médica Sur

⁴Departamento de Neuroanestesiología del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía, Manuel Velasco Suárez

Correspondencia: Sonia Iliana Mejía Pérez. Insurgentes Sur 3877, Col. La Fama, Alcaldía Tlalpan C.P. 14269, Ciudad de México.

E mail: soniamejia@neurocirugia-innn.com

Recibido 20-febrero-2020

Aceptado 26-febrero-2020

Publicado 25-abril-2020

Resumen

La cirugía con paciente despierto se ha considerado el estándar de oro para tratamiento de lesiones tumorales en áreas elocuentes; y debe ser realizada mediante un manejo multidisciplinario, que involucre neurocirujanos, neuroanestesiólogos, neurolingüistas y neuropsicólogos, permitiendo realizar una resección máxima segura respetando los límites funcionales de cada paciente.

Esta guía fue hecha por expertos del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía y otros centros de referencia en México. Contiene criterios para selección de pacientes, pruebas auxiliares, estudios de imagen, entre otras recomendaciones para todo el personal involucrado en el proceso.

Palabras clave: Áreas elocuentes, cirugía con paciente despierto, guía mexicana, lesión tumoral

2020, Nuñez-Velasco S, et al.. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Creative Commons Attribution License CC BY 4.0 International NC, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se acredite el autor original y la fuente.

Mexican guideline for multidisciplinary care in awake surgery and electric direct mapping, as treatment for brain lesions in eloquent areas

Abstract

Awake surgery has been considered as the gold standard for treatment of tumor lesions adjacent to eloquent areas; it has to be done through a multidisciplinary approach, involving neurosurgeons, neuroanesthesiologists, neurolinguists and neuropsychologists, allowing a maximal tumoral safe resection, respecting the functional limits of each patient. This guideline was made by experts of the National Institute of Neurology and Neurosurgery and others centers of reference in Mexico. It contains criteria for patient selection, ancillary tests, imaging studies, among other general recommendations for all the involved personal in the process.

Keywords: awake surgery, eloquent area, tumor lesion, mexican guide

Introducción

En los últimos años se ha considerado a la cirugía con paciente despierto como el estándar de oro para tratamiento de lesiones tumorales adyacentes a áreas elocuentes, y debe ser realizada mediante un manejo multidisciplinario^{1,2,3}. El conocimiento de los procesos de selección quirúrgica, las técnicas, modalidades de mapeo y los principios de máxima resección por funciones son de vital importancia para lograr el mejor resultado en lesiones en áreas elocuentes⁴.

Abordaje Prequirúrgico

Indicaciones: Se recomienda realizar esta cirugía a pacientes, de entre 18-65 años, con una lesión cerebral intrínseca dentro o adyacente a áreas elocuentes o extrínseca en la que no sea posible diferenciar un plano con el tejido normal; y que haya

firmado el consentimiento informado. Esta guía recomienda fuertemente no hacer distinciones en relación al lado hemisférico, ya que el hemisferio "no dominante" contiene áreas funcionales que pueden llegar a ser altamente incapacitantes⁵⁻⁷. **Contraindicaciones Relativas:** en los pacientes poco cooperadores, con ansiedad o antecedentes psiquiátricos, obesos, con apnea obstructiva del sueño, fumadores crónicos, tosedores crónicos, cirugía neurológica previa con cicatrización dural extensa, vía aérea difícil, tumores grandes o con edema importante, se debe individualizar la decisión de despertarlos ya que estas condiciones aumentan las posibilidades de falla al despertar y de eventos indeseables^{7,8}.

Contraindicaciones absolutas: Pacientes que presenten tos persistente no controlada,

presencia de hemiplejia (función motora menor 2/5) y del lenguaje (>25% de error en la nominación de objetos), Karnofsky <70, que a pesar de haber recibido tratamiento con cortico esteroides o diuréticos osmóticos no presentan mejoría^{7,9}.

Estudios de gabinete recomendados

- Resonancia Magnética: las secuencias mínimas recomendadas son T1 simple y contrastada, FLAIR y T2⁸.
- Tractografía por tensor de difusión de imagen (DTI): Sirve para diferenciar las fibras blancas de los márgenes tumorales y del tejido edematoso¹⁰.
- Estudios funcionales no invasivos: el uso de tomografía por emisión de positrones (PET), resonancia magnética funcional (IRMf), electroencefalografía, magnetoencefalografía y estimulación magnética transcraneal ayudan a lograr un mapeo funcional. Sin embargo; ninguna de ellas es superior a la estimulación cortico-subcortical directa^{7,11-13}.

Evaluación Neuropsicológica: Aunque no es una condición sine qua non para llevar a cabo una cirugía con paciente despierto, el contar con esta nos permite detectar conductas ansiosas o no cooperadoras y establecer el nivel cognitivo del paciente, así como lograr un entrenamiento prequirúrgico y una mejor interpretación de las pruebas trasquirúrgicas. Esta guía recomienda que basados en la localización de la lesión se apliquen las pruebas validadas para la región afectada y que estas pruebas sean las mismas que se aplicarán en quirófano^{14,15}.

Procedimiento quirúrgico

Planeación y pasos iniciales de la cirugía: Previa fijación craneal, la posición será determinada por dos factores 1) la localización de la lesión y el abordaje; 2) la comodidad del paciente, evitando posturas que puedan generar contracturas,

comprometan la vía aérea y el retorno venoso y que impidan interactuar con el evaluador y ver las imágenes y textos de prueba, recomendamos utilizar campos translúcidos, para una mejor interacción y disminuir el estrés del paciente¹⁶. El objetivo de la cirugía es realizar una exposición que abarque la lesión tumoral y 2-4 cm de margen de tejido sano adyacente que será mapeado. El realizar abordajes extensos para mapear áreas funcionales no involucradas en la lesión no ha mostrado ser superior a una craneotomía dirigida. En caso de re intervención quirúrgica, la craneotomía debe ser enfocada para poder abrir la duramadre que recubra únicamente la lesión. Se recomienda realizar infiltración de la duramadre previo a su apertura en la región de la arteria meníngea media con lidocaína al 1%^{4,16-18}.

Mapeo Cortico-Subcortical Directo y Resección: abierta la duramadre y con el paciente completamente despierto se inicia el mapeo cortico-subcortical^{16,17,19}.

Recomendamos dos tipos de modalidades de mapeo directo dinámico:

a) Bipolar (Técnica de Penfield): se forma por puntas de carbono separadas a 5 mm, a pulsos continuos a una frecuencia de 50-60 Hz y duración de fase de pulso de 1 msec, con estimulación de 4 segundos y una intensidad que puede iniciar desde 1 mA hasta un máximo recomendable de 8 mA (obteniendo respuesta a 4.1-6.5 mA en la mayoría de los casos). En la corteza cerebral se recomienda realizar estimulación con intensidad ascendente iniciando con 2 mA el ir subiendo hasta encontrar una respuesta, cada área mapeada debe ser estimulada en 3 ocasiones (nunca se debe estimular la misma zona 2 veces seguidas) y se considera positiva si se obtiene la respuesta deseada en 2 de 3 estímulos y debe ser marcada con un número o letra.

En caso de no obtener una respuesta a los 8 mA, no se recomienda subir más la intensidad ya que aumenta considerablemente el riesgo de crisis convulsivas o de que a amperajes elevados se obtengan falsos positivos de regiones profundas por lo que si no existe respuesta a esa intensidad la zona se considera silente y segura; en la estimulación subcortical se recomienda realizar la estimulación con intensidad decreciente (iniciando en 8 mA y descendiendo hasta 2 mA), por último, se recomienda utilizar electrocorticografía para monitorear las crisis post-descarga, aunque algunos estudios demuestran que esta no es mandatoria y se puede mapear correctamente sin ella. Las ventajas de la estimulación bipolar es que permite un mapeo dinámico multimodal, es considerado de elección para las funciones de lenguaje y cognitivas y permite delimitar zonas funcionales más precisas, las desventajas es que el riesgo de crisis es mayor (2.2-21%), que en caso de presentarse se deben tratar con irrigación en la superficie de solución salina helada y en caso de no responder con Levetiracetam 500-1500mg IV o Midazolam 0.1-0.3mg/kg IV^{6,7,9,17-21}.

b)Monopolar (Técnica de tren de 5 o de alta frecuencia): Consiste en aplicar una corriente monopolar, mediante un estimulador con 3 a 5 pulsos, con una duración de 0.5 ms un intervalo interestimulo de 2 a 4 ms a una intensidad máxima de 16 mA. Esta técnica, permite utilizar altas frecuencias de hasta 500 Hz y tiene un riesgo mínimo de provocar crisis transoperatorias, se apoya de potenciales evocados motores y es posible realizar estimulación continua por lo que el estimulador puede ser adaptado a los instrumentos quirúrgicos y no es necesario interrumpir la resección para el mapeo. Por lo tanto, sus principales ventajas son en pacientes con alto riesgo de crisis y principalmente en la región perিolandica o en el central core, ya que es

especialmente útil en las vías subcorticales como el fascículo corticoespinal.

Las desventajas es que aunque es igual de sensible que el mapeo bipolar para las funciones motoras primarias, es inferior en el área premotora y motora suplementaria, tampoco permite mapeos combinados (motor/lenguaje) adecuados, ni funciones motoras finas; requiere más equipo e idealmente un neurofisiólogo, por último aunque ha mostrado en algunos estudios ser efectivo para mapeo de lenguaje y cognitivo no se cuenta con la experiencia suficiente por lo que para estas funciones sigue siendo el método bipolar el de elección²²⁻²⁴. Existen dispositivos con los que se puede utilizar la técnica de *Penfield* y la de Tren de 5 por lo que combinar ambos métodos permite un mapeo más efectivo.

Una vez determinadas las áreas funcionales la resección en segmento (de surco a surco) de la lesión, cuando es posible, es la más recomendada⁹. De no ser posible se deben crear ventanas corticales entre las áreas funcionales respetando las venas de la corteza y realizar mapeo de las vías subcorticales con las técnicas ya descritas, recomendando estimular cada 2mm en profundidad de la sustancia blanca (*figura 1*)^{4,25}. El tejido que fue identificado como funcional debe preservarse, a menos que exista una decisión consensuada y que haya un balance favorable entre volumen de resección/déficit¹⁶⁻¹⁸. Durante la resección y la estimulación se debe mantener al paciente despierto en todo momento y no únicamente en el inicio de la estimulación cortical¹¹. Recomendamos no dejar margen de seguridad en el tejido y llegar hasta los bordes piales del segmento afectado, esto aumenta el riesgo de un déficit postquirúrgico inmediato recuperable, pero impacta significativamente en la sobrevida y el periodo libre de enfermedad^{4,9,16,23}.

La neuronavegación cortico subcortical con DTI es una herramienta útil que debe utilizarse en caso de tenerse disponible, así como el ultrasonido intraoperatorio que nos permite contar con localización de la lesión en tiempo real^{10,26}. La complicación más común en el trasquirúrgico son las crisis convulsivas, también se puede presentar dolor, elevación de la presión endocraniana, delirium y embolismo aéreo^{17,27}.

Mapeo cerebral por funciones a evaluar

Para poder realizar un correcto mapeo funcional se insiste en no utilizar los modelos anatómicos clásicos y conocer bien la anatomía subcortical ya que ha sido demostrado que muchas de las funciones descritas previamente no se encuentran precisamente en las zonas reportadas²⁸⁻⁴¹. Lo anterior se resume en las *tablas 1-3*.

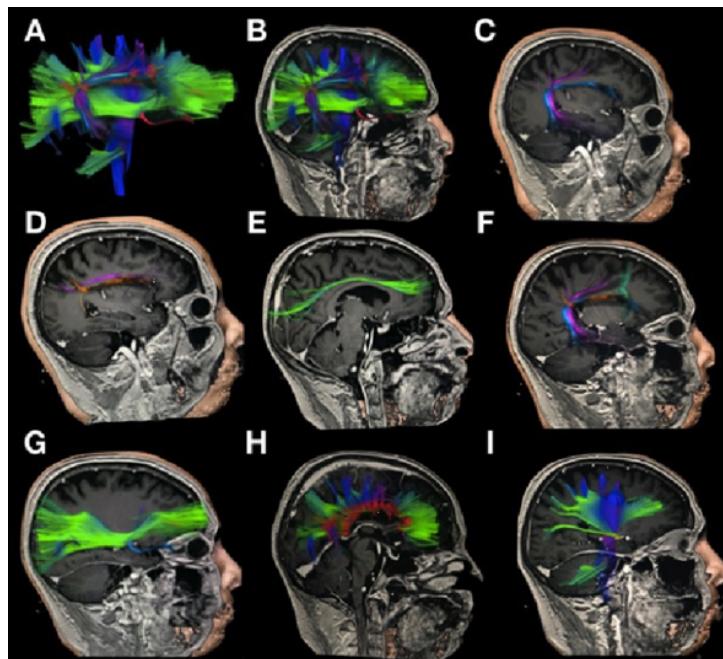


Figura 1. A) Se observan el tracto cortico espinal, fascículo arqueado, fascículo longitudinal superior, fascículo longitudinal inferior, fascículo uncinado en una tractografía por DTI. B) Se observan las fibras blancas y su localización en relación a la corteza cerebral en una resonancia magnética con DTI C) Se observa el fascículo arqueado tanto su porción ventral (azul) y dorsal (morado) D) Se observa el fascículo longitudinal en su porción II (rosa) y porción III (naranja) E) Se visualizan las proyecciones de las fibras cíngulo (verde) F) Se pueden observar la relación entre el fascículo longitudinal en su porción III (naranja), fascículo arqueado (porción ventral=azul, porción dorsal=morado) G) Se observa el trayecto el fascículo fronto-occipital inferior (IFOF verde) y el fascículo uncinado (azul) H) Se visualizan las proyecciones de las fibras subcallosas (verde, azul, rojo) I) Se observa el trayecto de las fibras de la capsula interna

Tabla 1. Se establecen las pruebas recomendadas en esta guía a realizar para evaluar las diferentes funciones de acuerdo al hemisferio y la respuesta que se debe obtener en caso de una respuesta positiva durante el mapeo cerebral.

EN HEMISFERIO DOMINANTE		
Función	Prueba	Respuesta
Función lenguaje	Completar oraciones	Dificultad para completar oración
	Fluencia del lenguaje	Disminución en la fluencia
	Nominación de imágenes	Parafasias semánticas
	Asociación de imágenes /palabras	Parafasias fonológicas
	Articulación del Lenguaje	Parafasias semánticas
	Pirámides y palmeras	Disartria
Función Motora	Descanso	Movimiento Involuntario
	Movimiento continuo	Inhibición del movimiento
Función Somatosensorial	Descanso	Parestesias
		Disestesias
Función Visual	Visualizar imagen con cuadrantes	Fosfenos
		Visión borrosa
	Nominación de imágenes	Alucinación
Cognitivas	Nombrar objetos conocidos	Incapacidad para nombrar imagen
	Escritura	Alteraciones de la memoria
	Lectura	Alteración en escritura
	Canto/Tocar instrumento	Alteración en lectura
		Incapacidad para desarrollar actividad
HEMISFERIO NO DOMINANTE		
Función	Prueba	Respuesta
Función del lenguaje	Prueba de reconocimiento facial	Falla reconocimiento
	Nominación de imágenes	Parafasia fonológica
Función Motora	Descanso	Movimiento Involuntario
	Movimiento continuo	Inhibición del movimiento
Función Somatosensorial	Descanso	Parestesias
		Disestesias
Función Visual	Visualizar imagen con cuadrantes	Fosfenos
		Visión borrosa
	Nominación de imágenes	Alucinación
Función Visuoespacial	Bisección de líneas	Incapacidad para nombrar imagen
	Cancelación de figuras	Desviación lado estimulado
		Incapacidad para cancelar figuras del lado contralateral a la estimulación

Tabla 2. Lóbulos Temporal y Occipital, su relación con fibras blancas y pruebas a realizar el mapeo cerebral

Lóbulo	Circunvolución	Fibras Blancas	Función	Prueba	Respuesta	
Lóbulo Temporal	Circunvolución Temporal Superior	AF ventral y dorsal	Articulación del lenguaje	Repetir palabras	Alteración en repetición	
			Procesamiento lenguaje semántico y léxico	Nominación de imágenes	Afasia Transcortical motora	
			Fonología		Parafasias fonológicas	
		UF	Nominación Semántica	Nominación de imágenes	Alteración en reconocimiento de caras conocidas, objetos y palabras escritas	
			Reconocimiento facial (HND)	Reconocimiento facial		
			Teoría de la mente (HND)			
	Circunvolución Temporal Media	Radiación Óptica Temporal	Visual	Visualizar imagen con cuadrantes	Fosfenos	
					Visión borrosa	
					Alucinación	
		AF ventral y dorsal	Articulación del lenguaje	Repetir palabras	Parafasias fonológicas	
			Procesamiento lenguaje semántico y léxico	Nominación de imágenes	Afasia Transcortical motora	
			Fonología		Alteración en repetición	
	Circunvolución Temporal Inferior	IFOF	Lenguaje semántico	Nominación de imágenes	Parafasias semánticas	
			Visuoespacial (HND)	Prueba de bisección de líneas	Desviación lado estimulado	
			Reconocimiento de imágenes (HND)	Prueba de reconocimiento facial	Falla reconocimiento	
		UF	Nominación Semántica	Nominación de imágenes	Alteración en reconocimiento de caras conocidas, objetos y palabras escritas	
			Reconocimiento facial (HND)	Reconocimiento facial		
			Teoría de la mente (HND)			
		Radiación Óptica Temporal	Visual	Visualizar imagen con cuadrantes	Fosfenos	
					Visión borrosa	
					Alucinación	
					Escotomas	
		AF dorsal	Procesamiento lenguaje semántico y léxico	Nominación de imágenes	Afasia Transcortical motora	
			Semántica	Nominación de imágenes	Parafasia semántica	
			Fonología	Lectura	Alteración fonológica	
			Reconocimiento facial (HND)	Prueba de reconocimiento facial	Falla reconocimiento	
		ILF				

Lóbulo Occipital	Circunvolución Occipital Superior	ILF	Semántica	Nominación de imágenes	Parafasia semántica
			Fonología	Lectura	Alteración fonológica
			Reconocimiento facial (HND)	Prueba de reconocimiento facial	Falla reconocimiento
		IFOF	Lenguaje semántico	Nominación de imágenes	Parafasias semánticas
			Visuoespacial (HND)	Prueba de bisección de líneas	Desviación lado estimulado
			Reconocimiento de imágenes (HND)	Prueba de reconocimiento facial	Falla reconocimiento
	Circunvolución Occipital media	Radiación Óptica Occipital	Visual	Visualizar imagen con cuadrantes	Fosfenos Visión borrosa Alucinación Escotomas
			Visoespacial	Prueba de bisección de líneas	Desviación lado estimulado
			Fonología	Fluencia, Nombrar imágenes	Alteraciones lenguaje Cambios entre idiomas Parafasias fonémicas
		SLF II	Memoria	Nombrar objetos conocidos	Alteraciones de la memoria
	Circunvolución occipital inferior	ILF	Semántica	Nominación de imágenes	Parafasia semántica
			Fonología	Lectura	Alteración fonológica
			Reconocimiento facial (HND)	Prueba de reconocimiento facial	Falla reconocimiento
		IFOF	Lenguaje semántico	Nominación de imágenes	Parafasias semánticas
			Visuoespacial (HND)	Prueba de bisección de líneas	Desviación lado estimulado
			Reconocimiento facial (HND)	Prueba de reconocimiento facial	Falla reconocimiento
		Radiación Óptica Occipital	Visual	Visualizar imagen con cuadrantes	Fosfenos Visión borrosa Alucinación Escotomas
			Semántica	Nominación de imágenes	Parafasia semántica
			Fonología	Lectura	Alteración fonológica
		ILF	Reconocimiento facial (HND)	Prueba de reconocimiento facial	Falla reconocimiento
		IFOF	Lenguaje semántico	Nominación de imágenes	Parafasias semánticas
			Visuoespacial (HND)	Prueba de bisección de líneas	Desviación lado estimulado
			Reconocimiento facial (HND)	Prueba de reconocimiento facial	Falla reconocimiento
		Radiación Óptica Occipital	Visual	Visualizar imagen con cuadrantes	Fosfenos Visión borrosa Alucinación Escotomas

Principales fascículos subcorticales, función, pruebas y la respuesta que se debe obtener durante el mapeo cerebral en el lóbulo temporal y occipital. **SLF I:** Fascículo longitudinal superior porción 1, **SLF II:** Fascículo longitudinal superior porción 2, **SLF III:** Fascículo longitudinal superior porción 3, **FA:** fascículo arqueado, **FU:** fascículo uncinado, **IFOF:** fascículo fronto-occipital inferior, **AFT:** tracto frontal de Aslant, **ILF:** fascículo longitudinal inferior. **HND:** Hemisferio No Dominante.

Tabla 3. Lóbulo frontal y parietal, su relación con fibras blancas y pruebas a realizar el mapeo cerebral

Lóbulo	Circunvolución	Fibras Blancas	Función	Prueba	Respuesta
Lóbulo Frontal	Circunvolución Frontal Superior	SLF I	Iniciación movimiento motor	Pedir que realice un movimiento	Incapacidad de iniciar
		Corona radiada/ Tracto Corticoespinal	Realizar movimientos voluntarios	Descanso	Movimiento Involuntario
				Movimiento continuo	Inhibición del movimiento
	Circunvolución Frontal Media	SLF II	Visuoespacial (HND)	Prueba de bisección de líneas	Desviación lado estimulado
			Fonología	Fluencia, Nombrar imágenes	Alteraciones lenguaje Cambios entre idiomas
			Memoria	Nombrar objetos conocidos	Parafasias fonémicas Alteraciones de la memoria
		AF dorsal	Procesamiento lenguaje semántico y léxico	Nominación de imágenes	Afasia Transcortical motora
		IFOF	Lenguaje semántico	Nominación de imágenes	Parafasias semánticas
			Visuoespacial (HND)	Prueba de bisección de líneas	Desviación lado estimulado
			Reconocimiento de imágenes (HND)	Prueba de reconocimiento facial	Falla reconocimiento
	Circunvolución Frontal Inferior	Corona Radiada/ Tracto Corticoespinal	Realizar movimientos voluntarios	Descanso	Movimiento Involuntario
		Fibras callosas	Iniciación del lenguaje	Fluencia del lenguaje Completar oraciones	Disminución en la fluencia Dificultad para iniciar lenguaje
		AFT	Iniciación movimiento motor	Descanso	Movimiento Involuntario
			Movimiento continuo	Movimiento continuo	Inhibición del movimiento
			Iniciación del lenguaje	Fluencia y completar secuencias	Arresto del lenguaje
		SLF III	Procesamiento y síntesis de la articulación del lenguaje	Articulación del Lenguaje	Disartria
			Procesamiento visuoespacial	Prueba de bisección de líneas	Desviación al lado estimulado
			Articulación del lenguaje	Repetir palabras	Alteración en repetición
			Procesamiento lenguaje semántico y léxico	Nominación de imágenes	Afasia Transcortical motora
			Fonología		Parafasias fonológicas
		IFOF	Lenguaje semántico	Nominación de imágenes	Parafasias semánticas
			Visuoespacial (HND)	Prueba de bisección de líneas	Desviación lado estimulado
			Reconocimiento de imágenes (HND)	Prueba de reconocimiento facial	Falla reconocimiento
		Corona radiada/Tracto Corticoespinal	Realizar movimientos voluntarios	Descanso	Movimiento Involuntario
				Movimiento continuo	Inhibición del movimiento

Lóbulo Parietal	Lóbulo Parietal Superior	Corona radiada	Somatosensorial	Descanso	Parestesias Disestesias
		Fibras callosas	Iniciación del lenguaje	Fluencia del lenguaje Completar oraciones	Disminución en la fluencia Dificultad para iniciar lenguaje
		SLF I	Iniciación movimiento motor	Pedir que realice un movimiento	Incapacidad de iniciar movimiento
	Lóbulo Parietal Inferior	SLF III	Procesamiento y síntesis de la articulación del lenguaje	Articulación del Lenguaje	Disartria
		AF ventral y dorsal	Procesamiento Visuoespacial	Prueba de bisección de líneas	Desviación al lado estimulado
			Procesamiento lenguaje semántico y léxico	Nominación de imágenes	Afasia Transcortical motora
			Fonología		Parafasias fonológicas
	SLF II	Visuoespacial	Prueba de bisección de líneas	Desviación lado estimulado	
		Fonología	Fluencia, Nombrar imágenes	Alteraciones lenguaje Cambios entre idiomas Parafasias fonémicas	
		Memoria	Nombrar objetos conocidos	Nombrar objetos conocidos	
	IFOF	Lenguaje semántico	Nominación de imágenes	Parafasias semánticas	
		Visuoespacial (HND)	Prueba de bisección de líneas	Desviación lado estimulado	
		Reconocimiento de imágenes (HND)	Prueba de reconocimiento facial	Falla reconocimiento	
	Corona radiada	Somatosensorial	Descanso	Parestesias Disestesias	

Tabla 1. SLF I: Fascículo longitudinal superior porción 1, SLF II: Fascículo longitudinal superior porción 2, SLF III: Fascículo longitudinal superior porción 3, FA: fascículo arqueado, FU: fascículo uncinado, IFOF: fascículo fronto-occipital inferior, AFT: tracto frontal de Aslant, ILF: fascículo longitudinal inferior. HND: Hemisferio No Dominante.

Conclusión

La cirugía con paciente despierto en tumores intrínsecos permite lograr la resección máxima segura y por lo tanto aumentar el periodo libre de enfermedad, el manejo debe ser por un equipo multidisciplinario experto que pueda identificar a los candidatos a este tipo de cirugía y que domine la anatomía topográfica y

funcional cortico-subcortical y las pruebas para evaluarla, así como las particularidades técnicas de cada herramienta de mapeo y estimulación.

Fuentes de financiamiento

La presente investigación no ha recibido ninguna beca específica de agencias de los sectores público, comercial, o sin ánimo de lucro.

Referencias

1. De Witt Hamer PC, Robles SG, 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):2559-65.
2. Saito T, Muragaki Y, Maruyama T, Tamura M, Nitta M, Okada Y. Intraoperative Functional Mapping and Monitoring during Glioma Surgery. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2015; 55(1):1-13. <https://doi.org/10.2176/nmc.ra.2014-0215>
3. Buchfelder M, Zhao Y. Is awake surgery for supratentorial adult low-grade gliomas the gold standard? *Neurosurg Rev*. 2018; 41(1):1-2. doi: 10.1007/s10143-017-0916-y
4. Hervey-Jumper SL, Li J, Lau D, et al. Awake craniotomy to maximize glioma resection: methods and technical nuances over a 27-year period. *J Neurosurg*. 2015; 123(2):325-339. doi: 10.3171/2014.10.JNS141520
5. Krivosheya D, Prabhu SS, Weinberg JS, Sawaya R. Technical principles in glioma surgery and preoperative considerations. *J Neurooncol*. 2016; 130(2):243-252. DOI: 10.1007/s11060-016-2171-4
6. Duffau H, Leroy M, Gatignol P. Cortico-subcortical organization of language networks in the right hemisphere: an electrostimulation study in left-handers. *Neuropsychol* 2008; 46(14):3197-209 doi:10.1016/j.neuropsychologia.2008.07.017
7. Kayama T, Iseki H, Yamada Y, Abe T, Fukaya C. The Guidelines for Awake Craniotomy. Surgical maneuvers for awake craniotomy. *Neurol Med Chir*. 2012; 52:119-141. https://www.jstage.jst.go.jp/article/nmc/52/3/52_3_119/_pdf/-char/en
8. Soffietti R, Baumert BG, Bello L, et al. Guidelines on management of low-grade gliomas: report of an EFNS-EANO Task Force. *Eur J Neurol* 2010; 17(9):1124-1133 doi:10.1111/j.1468-1331.2010.03151.x.
9. Hervey-Jumper SL, Berger MS. Maximizing safe resection of low- and high-grade glioma. *J Neurooncol*. 2016;130(2):269-282. doi: 10.1007/s11060-016-2110-4
10. Leclercq D, Duffau H, Delmaire C, et al. Comparison of diffusion tensor imaging tractography of language tracts and intraoperative subcortical stimulations. *J Neurosurg*. 2010; 112(3):503-511. doi: 10.3171/2009.8.JNS09558
11. Krieg SM, Lioumis P, Mäkelä JP, et al. Protocol for motor and language mapping by navigated TMS in patients and healthy volunteers; workshop report. *Acta Neurochir (Wien)*. 2017; 159(7):1187-95. doi: 10.1007/s00701-017-3187-z.
12. FitzGerald DB, Cosgrove GR, Renner S, et al. Location of language in the cortex: a comparison between functional MR imaging and electrocortical stimulation. *AJNR Am J Neuroradiol* 1997; 18(8):1529-39
13. Steinmetz H, Seitz RJ. Functional anatomy of language processing: neuroimaging and the problem of individual variability. *Neuropsychol* 1991; 29(12):1149-1161. DOI: 10.1016/0028-3932(91)90030-c
14. Huberfeld G, Trébuchon A, Capelle L, et al. Preoperative and intraoperative neurophysiological investigations for surgical resections in functional areas. *Neurochirurgie*. 2017; 63(3):142-149. doi:10.1016/j.neuchi.2016.10.008.
15. De Witte E, Satoer D, Robert E, et al. The Dutch linguistic intraoperative protocol: a valid linguistic approach to awake brain surgery. *Brain Lang*. 2015; 140:35-48. doi: 10.1016/j.bandl.2014.10.011
16. Sanai N, Berger MS. Mapping the horizon: techniques to optimize tumor resection before and during surgery. *Clin Neurosurg* 2008; 55:14-19.
17. Eseonu Ch, Rincon-Torroella J, ReFaey K, Quiñones-Hinojosa A. The cost of brain surgery: awake vs asleep craniotomy for periorbital region tumors. *Neurosurgery* 2017; 81: 307-314. doi: 10.1093/neuros/nyx022.
18. Duffau H, Capelle L, Denvil D, et al. Usefulness of intraoperative electrical subcortical mapping during surgery for low-grade gliomas located within eloquent brain regions: functional results in a consecutive series of 103 patients. *J Neurosurg* 2003; 98(4):764-778 DOI: 10.3171/jns.2003.98.4.0764
19. Ojemann JG, Miller JW, Silbergeld DL. Preserved function in brain invaded by tumor. *Neurosurgery* 1996; 39(2): 253-258 DOI: 10.1097/00006123-199608000-00003
20. Penfield W, Bolchey E. Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. *Brain* 1937; 60:389-443 <https://doi.org/10.1093/brain/60.4.389>

21. Penfield W, Erickson TC. Epilepsy and cerebral localization: a study of the mechanism, treatment and prevention of epileptic seizures. Springfield, IL: Charles CThomas; 1941.
22. Boetto J, Bertram L, Moulinié G, Herbet G, Moritz-Gasser S, Duffau H. Low rate of intraoperative seizures during awake craniotomy in a prospective cohort with 374 supratentorial brain lesions: electrocorticography is not mandatory. *World Neurosurg* 2015; 84(6): 1838-44. doi: [10.1016/j.wneu.2015.07.075](https://doi.org/10.1016/j.wneu.2015.07.075)
23. Schucht P, Seidel K, Jilch A, Beck J, Raabe A. A review of monopolar motor mapping and a comprehensive guide to continuous dynamic motor mapping for resection of motor eloquent brain tumors. *Neurochirurgie* 2017; 63(3):175-180. doi: [10.1016/j.neuchi.2017.01.007](https://doi.org/10.1016/j.neuchi.2017.01.007)
24. Kombos T, et al. Comparison between monopolar and bipolar electrical stimulation of the motor cortex. *Acta Neurochir (Wien)* 1999; 141(12):1295-301. DOI: [10.1007/s007010050433](https://doi.org/10.1007/s007010050433)
25. Duffau H. Lessons from brain mapping in surgery for low-grade glioma: insights into associations between tumour and brain plasticity. *Lancet Neurol*. 2005; 4(8):476-486. DOI: [10.1016/S1474-4422\(05\)70140-X](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(05)70140-X)
26. Munkvold BKR, Jakola AS, Reinertsen I, Sagberg LM, Unsgard G, Solheim O. The diagnostic properties of intraoperative ultrasound in glioma surgery and factors associated with gross total tumor resection. *World Neurosurg* 2018; 115:e129-e136. doi: [10.1016/j.wneu.2018.03.208](https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.03.208).
27. Nossek E, Matot I, Shahar T, et al. Failed awake craniotomy: a retrospective analysis in 424 patients undergoing craniotomy for brain tumor. *J Neurosurg* 2013;118(2):243-249. doi: [10.3171/2012.10.JNS12511](https://doi.org/10.3171/2012.10.JNS12511)
28. Lus T, Angelini E, Thiebaut de Schotten M, Mandonnet E, Duffau H. Evidence for potentials and limitations of brain plasticity using an atlas of functional resectability of WHO grade II gliomas: towards a minimal common brain. *Neuroimage* 2011; 56(3):992-1000. doi: [10.1016/j.neuroimage.2011.03.022](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.03.022)
29. Duffau H. New concepts in surgery of WHO grade II gliomas: functional brain mapping, connectionism and plasticity-a review. *J Neurooncol* 2006; 79(1):77-115. DOI: [10.1007/s11060-005-9109-6](https://doi.org/10.1007/s11060-005-9109-6)
30. Han SJ, Morshed RA, Troncon I, et al. Subcortical stimulation mapping of descending motor pathways for periorolanic gliomas: assessment of morbidity and functional outcome in 702 cases. *J Neurosurg* 2018; 131(1):201-208. doi: [10.3171/2018.3.JNS172494](https://doi.org/10.3171/2018.3.JNS172494).
31. Ojemann G, Ojemann J, Lettich E, Berger M. Cortical language localization in left, dominant hemisphere. An electrical stimulation mapping investigation in 117 patients. 1989. *J Neurosurg* 2008;411-421. doi: [10.3171/JNS/2008/108/2/0411](https://doi.org/10.3171/JNS/2008/108/2/0411).
32. Duffau H, Gatignol P, Mandonnet E, Capelle L, Taillandier L. Intraoperative subcortical stimulation mapping of language pathways in a consecutive series of 115 patients with Grade II glioma in the left dominant hemisphere. *J Neurosurg* 2008; 109(3):461-471. doi: [10.3171/JNS/2008/109/9/0461](https://doi.org/10.3171/JNS/2008/109/9/0461).
33. Fernández Coello A, Moritz-Gasser S, Martino J, Martinoni M, Matsuda R, Duffau H. Selection of intraoperative tasks for awake mapping based on relationships between tumor location and functional networks. *J Neurosurg*. 2013;119(6):1380-94. doi: [10.3171/2013.6.JNS122470](https://doi.org/10.3171/2013.6.JNS122470)
34. Herbet G, Rigaux-Viodé O, Moritz-Gasser S. Peri- and intraoperative cognitive and language assessment for surgical resection in brain eloquent structures. *Neurochirurgie*. 2017;63(3):135-141.
35. Roux F-E, Boukhatem L, Draper L, Sacko O, Démonet J-F. Cortical calculation localization using electrostimulation. *J Neurosurg* 2009; 110(6):1291-9. doi: [10.3171/2008.8.JNS17649](https://doi.org/10.3171/2008.8.JNS17649).
36. Vilasboas T, Herbet G, Duffau H. Challenging the Myth of Right Nondominant Hemisphere: Lessons from Corticosubcortical Stimulation Mapping in Awake Surgery and Surgical Implications. *World Neurosurg* 2017; 103:449-456. doi: [10.1016/j.wneu.2017.04.021](https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.04.021).
37. Bernard F, Lemée JM, Minassian AT, Menei P. Right Hemisphere Cognitive Functions: From Clinical and Anatomic Bases to Brain Mapping During Awake Craniotomy Part I: Clinical and Functional Anatomy. *World Neurosurg* 2018; 118:348-359. doi: [10.1016/j.wneu.2018.05.024](https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.05.024).

38. Duffau H, Velut S, Mitchell M, Gatignol P, Capelle L. Intra-operative mapping of the subcortical visual pathways using direct electrical stimulations. *Acta Neurochir (Wien)* 2004; 146(3):265-9. [DOI: 10.1007/s00701-003-0199-7](https://doi.org/10.1007/s00701-003-0199-7)
39. De Benedictis A, Sarubbo S, Duffau H. Subcortical surgical anatomy of the lateral frontal region: human white matter dissection and correlations with functional insights provided by intraoperative direct brain stimulation: laboratory investigation. *J Neurosurg* 2012; 117(6):1053-1069. [doi:10.3171/2012.7JNS12628](https://doi.org/10.3171/2012.7JNS12628).
40. Martino J, De Lucas EM. Subcortical anatomy of the lateral association fascicles of the brain: A review. *Clin Anat* 2014; 27(4):563-9. [doi: 10.1002/ca.22321](https://doi.org/10.1002/ca.22321).
41. Yagmurlu K, Vlasak AL, Rhoton AL. Three-dimensional topographic fiber tract anatomy of the cerebrum. *Neurosurgery* 2015;11(S2):274-305. [doi: 10.1227/NEU.0000000000000704](https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000000704).

Artículo sin conflicto de interés

© Archivos de Neurociencias