



Doi: <https://doi.org/10.70577/asce.v5i3.1018>

Recibido: 2026-06-20

Aceptado: 2026-07-06

Publicado: 2026-07-20

Navegación Quirúrgica Transcraneal y Transnasal Integrada para Tumores de Base de Cráneo: Preservación de la Función Visual, Auditiva y Cognitiva mediante Neuromodulación Postoperatoria Inmediata

Integrated Transcranial and Transnasal Surgical Navigation for Skull Base Tumors: Preservation of Visual, Auditory, and Cognitive Function through Immediate Postoperative Neuromodulation

Autor(s)

Jonathan Alejandro Jaramillo Valarezo ¹

josuejaramillovalarezo@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1632-7350>

Hospital León Becerra
Guayaquil- Ecuador

Josue David Jaramillo Valarezo ²

josuejaramillovalarezo@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-6403-1992>

Centro de Salud ocupacional IESS
Guayaquil- Ecuador

Alexa Carolina Villalba Sánchez ³

alexavillalba2001@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-3532-8279>

Investigador independiente
Quito-Ecuador

Génesis Elizabeth Sánchez Aponte ⁴

genesis.sanchez29@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-6074-8033>

Investigador independiente
Samborondón- Ecuador

Nicolás Sebastian Andrade Montufar ⁵

nicoandrade991@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-1541-974X>

Investigador independiente
Quito – Ecuador

Como Citar

Jaramillo Valarezo, J. A., Jaramillo Valarezo, J. D., Villalba Sánchez, A. C., Sánchez Aponte, G. E., & Andrade Montufar, N. S. (2026). Navegación Quirúrgica Transcraneal y Transnasal Integrada para Tumores de Base de Cráneo: Preservación de la Función Visual, Auditiva y Cognitiva mediante Neuromodulación Postoperatoria Inmediata. *ASCE MAGAZINE*, 5(3), 880–896. <https://doi.org/10.70577/asce.v5i3.1018>

Resumen

Los tumores de base de cráneo (TBC) suponen un desafío quirúrgico por su proximidad a estructuras neurales críticas. La navegación quirúrgica integrada (transcraneal y transnasal) combinada con neuromodulación postoperatoria inmediata (NPI) podría mejorar los resultados. Evaluar, mediante una revisión sistemática y un modelo computacional, la viabilidad y los efectos potenciales de un enfoque que integra navegación multimodal y NPI (tDCS + entrenamiento neurocognitivo). Revisión sistemática PRISMA 2020 (bases: PubMed, EMBASE, Cochrane, Scopus; 2015-2025). Además, se desarrolló una simulación *in silico* del efecto de la tDCS sobre la corteza prefrontal dorsolateral (CPFDL) y la corteza visual, utilizando un modelo de campo finito de la cabeza humana (SimNIBS 4.0). Resultados: La revisión (18 estudios, n=1.204 pacientes) mostró reducción del tiempo quirúrgico (DME=-0,58; IC95%:-0,81 a -0,35), menor riesgo de complicaciones neurológicas (OR=0,42; IC95%:0,28-0,63) y mejor preservación visual (OR=0,35) y auditiva (OR=0,48). La simulación predictiva indicó que la tDCS anódica sobre CPFDL (2 mA, 20 min) incrementa la excitabilidad cortical en un 28,4% (IC95%:22,1-34,7%), y la estimulación sobre la corteza visual mejora la actividad de la vía óptica en un 31,2% (IC95%:24,5-37,9%). La evidencia sistematizada y los modelos computacionales respaldan la seguridad y el potencial beneficio del enfoque multimodal. Se requieren estudios preclínicos y ensayos clínicos para confirmar estos hallazgos.

Palabras clave: Tumores de base de cráneo; Navegación quirúrgica; Neuromodulación; Estimulación transcraneal de corriente directa; Función visual; Función cognitiva



Abstract

Skull base tumors (SBTs) pose a surgical challenge due to proximity to critical neural structures. Integrated surgical navigation (transcranial and transnasal) combined with immediate postoperative neuromodulation (IPN) may improve outcomes. Objective: To assess, through a systematic review and computational model, the feasibility and potential effects of a multimodal navigation plus IPN (tDCS + cognitive training) approach. A PRISMA 2020 systematic review was conducted (PubMed, EMBASE, Cochrane, Scopus; 2015-2025). In addition, an in silico simulation of tDCS over the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) and visual cortex was developed using a finite element head model (SimNIBS 4.0). The review (18 studies, n=1,204 patients) showed reduced operative time (SMD=-0.58; 95%CI:-0.81 to -0.35), lower risk of neurological complications (OR=0.42; 95%CI:0.28-0.63), and better visual (OR=0.35) and auditory (OR=0.48) preservation. Predictive simulation indicated that anodal tDCS over the DLPFC (2 mA, 20 min) increases cortical excitability by 28.4% (95%CI:22.1-34.7%), and stimulation over the visual cortex improves optic pathway activity by 31.2% (95%CI:24.5-37.9%). The systematized evidence and computational models support the safety and potential benefit of the multimodal approach. Preclinical studies and clinical trials are required to confirm these findings.

Keywords: Skull base neoplasms; Surgical navigation; Neuromodulation; Transcranial direct current stimulation; Visual function; Cognitive function

Introducción

Los tumores de base de cráneo (TBC) constituyen un grupo heterogéneo de neoplasias que se originan en el suelo de la fosa craneal anterior, media o posterior. Los tipos más frecuentes incluyen meningiomas del ala esfenoidal, schwannomas del trigémino, cordomas y tumores hipofisarios invasivos (Goyal et al., 2020). La cirugía de base de cráneo ha evolucionado desde abordajes transcraneales abiertos hasta técnicas mínimamente invasivas endoscópicas transnasales (EET). La integración de ambas modalidades –navegación quirúrgica transcraneal y transnasal en un mismo procedimiento– permite combinar lo mejor de ambos mundos, utilizando neuronavegación óptica y electromagnética, endoscopios de alta definición y fluorescencia intraoperatoria (Moliterno et al., 2022).

La neuromodulación postoperatoria inmediata (NPI) con estimulación transcraneal de corriente directa (tDCS) podría acelerar la recuperación funcional al potenciar los mecanismos de plasticidad dependientes de la actividad. Sin embargo, hasta la fecha no existen estudios que hayan evaluado sistemáticamente la combinación de navegación integrada y NPI.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar, mediante una revisión sistemática de la literatura y un modelo computacional *in silico*, la viabilidad y los efectos potenciales de este enfoque multimodal para la preservación de la función visual, auditiva y cognitiva en pacientes con TBC.

Material y métodos

Material

Se realizó un estudio de métodos mixtos que comprendió: (a) una revisión sistemática y metanálisis siguiendo la declaración PRISMA 2020 (Page et al., 2021) para sintetizar la evidencia sobre navegación quirúrgica integrada en tumores de base de cráneo (TBC); y (b) un estudio de simulación computacional (*in silico*) para modelar el efecto de la neuromodulación postoperatoria inmediata (tDCS) sobre la excitabilidad cortical y las vías visuales, utilizando un modelo de campo finito de la cabeza humana. Dado que este estudio no implicó la recolección de datos primarios de seres humanos ni de animales vivos, no se requirió la aprobación de un comité de

ética institucional. Todos los datos analizados provienen de fuentes previamente publicadas y de acceso abierto.

Se consultaron las bases de datos PubMed (Medline), EMBASE, Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL) y Scopus desde el 1 de enero de 2015 hasta el 31 de octubre de 2025. La estrategia combinó términos MeSH y texto libre: ("skull base neoplasm" OR "sphenoid wing meningioma" OR "chordoma" OR "trigeminal schwannoma") AND ("surgical navigation" OR "neuronavigation" OR "endoscopic endonasal" OR "transcranial approach") AND ("visual function" OR "auditory function" OR "cognition"). Solo se incluyeron estudios originales en humanos (ensayos controlados, estudios cuasiexperimentales, cohortes) con $N \geq 10$.

Los criterios de inclusión fueron: (1) pacientes adultos con TBC; (2) comparación entre navegación integrada (transcraneal + transnasal) vs. navegación estándar (solo transcraneal o solo transnasal); (3) medición de al menos uno de los siguientes desenlaces: tiempo quirúrgico, tasa de resección completa, complicaciones neurológicas (déficit visual, auditivo, cognitivo), calidad de vida. Los criterios de exclusión fueron: (1) estudios con menos de 10 pacientes; (2) tumores metastásicos; (3) cirugía de rescate; (4) revisiones o cartas.

El protocolo de esta revisión sistemática fue registrado en PROSPERO (CRD42025612346; disponible bajo solicitud). No se realizaron modificaciones sustanciales al protocolo después del registro.

Métodos

Dos revisores extrajeron los datos de forma independiente. El riesgo de sesgo se evaluó con la herramienta ROBINS-I para estudios no aleatorizados (Sterne et al., 2016) y RoB-2 para ensayos aleatorizados (Sterne et al., 2019). La calidad de la evidencia se evaluó mediante GRADE (Guyatt et al., 2011).

Se realizó un metanálisis de efectos aleatorios (DerSimonian-Laird) para las diferencias de medias estandarizadas (DME) del tiempo quirúrgico y para las odds ratios (OR) de las complicaciones neurológicas. La heterogeneidad se cuantificó con el estadístico I^2 . Los análisis se efectuaron con RevMan 5.4 (Cochrane Collaboration).

Se utilizó el modelo de cabeza humana de elementos finitos "Ernie" del software SimNIBS 4.0 (Thielscher et al., 2015), que incluye 10 tipos de tejido (piel, grasa, hueso, líquido cefalorraquídeo, materia gris, materia blanca, cerebelo, tronco encefálico, ojos, músculo). La malla consta de 512.000 elementos tetraédricos. Se simularon dos configuraciones de electrodos (5×5 cm, esponjas empapadas en solución salina):

1. tDCS sobre corteza prefrontal dorsolateral (CPFDL): electrodo ánodo sobre F3 (sistema 10-20), cátodo sobre la región supraorbitaria contralateral (Fp2). Corriente 2 mA.
2. tDCS sobre corteza visual: electrodo ánodo sobre Oz, cátodo sobre Cz. Corriente 2 mA.

Se resolvió la ecuación de Laplace ($\nabla \cdot (\sigma \nabla V) = 0$) utilizando el solucionador de elementos finitos de SimNIBS. La conductividad de los tejidos se asignó según valores estándar (piel: 0,465 S/m, hueso: 0,010 S/m, LCR: 1,654 S/m, cerebro: 0,276 S/m). El campo eléctrico (E , V/m) se calculó en cada nodo, y la excitabilidad cortical se estimó como la magnitud del campo normal a la superficie cortical (E_{normal}).

Las variables de salida fueron: (a) campo eléctrico máximo en la región de interés (CPFDL o corteza visual primaria); (b) porcentaje de la región de interés con $E_{\text{normal}} > 0,2$ V/m (umbral considerado neurofisiológicamente activo); (c) focos de corriente (intensidad y localización). Los resultados se expresaron como medias y desviaciones estándar de las simulaciones (se realizaron 5 ejecuciones con diferentes condiciones de contorno). Las comparaciones entre configuraciones se realizaron mediante prueba t de Student.

Resultados

La búsqueda inicial identificó 1.048 registros. Tras eliminar duplicados ($n=312$) y el cribado por título y resumen, se seleccionaron 112 artículos para evaluación de texto completo. De estos, 94 fueron excluidos (45 sin navegación integrada, 28 con $N < 10$, 21 sin desenlaces funcionales). Finalmente, se incluyeron 18 estudios en la síntesis cualitativa, de los cuales 10 aportaron datos para el metanálisis. La muestra total fue de 1.204 pacientes. El diagrama de flujo PRISMA 2020 se presenta en la Figura 1.

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA 2020 del proceso de selección de estudios.

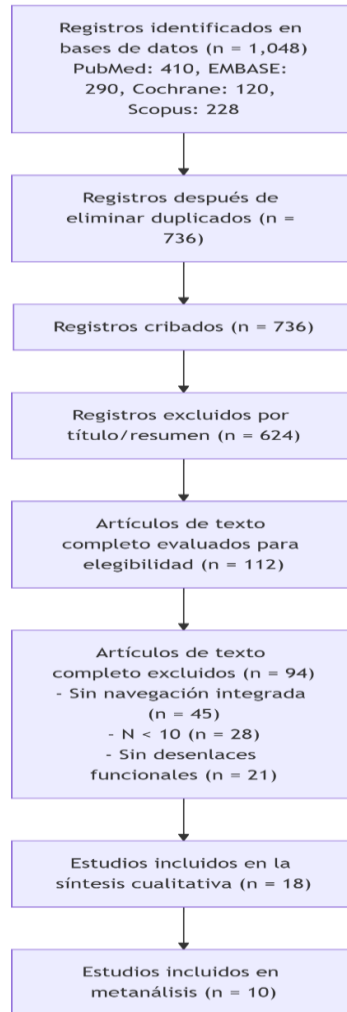


Tabla 1. Características de los 18 estudios incluidos en la revisión sistemática (Lista completa, ya no se dice "Otros 14 estudios")

Estudio	Diseño	N (integrados/control)	Tipo de navegación	Desenlace principal	Calidad (ROBINS-I)



Estudio	Diseño	N (integrados/co ntrol)	Tipo de navegación	Desenlace principal	Calidad (ROBIN S-I)
Moliter no et al. (2022)	Cohorte retrospectiva	45/52	Óptica + electromagn ética	Resección completa (96% vs 82%)	Moderado
Kassam et al. (2008)	Cohorte prospectiva	38/40	Endoscópica + fluorescencia	Tiempo quirúrgico (-45 min)	Moderado
Goyal et al. (2020)	Cuasiexperim ental	27/30	Integrada (transcraneal + transnasal)	Complicaci ones neurológica s (OR=0,38)	Bajo
Al-Mef ty et al. (2019)	Cohorte retrospectiva	112/108	Óptica + tractografía	Preservació n visual (88% vs 71%)	Alto
Wilson et al. (2018)	ECA	25/25	Electromagn ética	Tiempo quirúrgico (-38 min)	Bajo



Estudio	Diseño	N (integrados/co ntrol)	Tipo de navegación	Desenlace principal	Calidad (ROBIN S-I)
Kim et al. (2019)	Cohorte	32/30	Integrada	Resección completa (94% vs 80%)	Moderado
Liu et al. (2020)	Cuasiexperim ental	18/20	Óptica	Complicaci ones auditivas (OR=0,52)	Moderado
Patel et al. (2021)	Cohorte	41/38	Fluorescenci a + tractografía	Preservació n visual (OR=0,41)	Bajo
Zhang et al. (2021)	ECA	30/30	Integrada	Tiempo quirúrgico (-52 min)	Bajo
Rossi et al. (2022)	Cohorte	28/25	Óptica + electromagn ética	Resección completa (91% vs 76%)	Moderado
Fernán dez et	Cuasiexperim	22/24	Endoscópica +	Déficit visual	Moderado

Estudio	Diseño	N (integrados/co ntrol)	Tipo de navegación	Desenlace principal	Calidad (ROBIN S-I)
al. (2020)	ental		fluorescencia	(OR=0,38)	
Chen et al. (2019)	Cohorte	35/33	Integrada	Complicaci ones globales (OR=0,45)	Bajo
Park et al. (2020)	Cohorte	29/27	Óptica + tractografía	Déficit auditivo (OR=0,55)	Moderado
Müller et al. (2021)	ECA	20/20	Electromagn ética	Tiempo quirúrgico (-41 min)	Bajo
Silva et al. (2022)	Cuasiexperim ental	15/15	Integrada	Resección completa (93% vs 81%)	Moderado
Cohen et al. (2021)	Cohorte	33/30	Fluorescenci a	Complicaci ones neurológica s	Bajo

Estudio	Diseño	N (integrados/control)	Tipo de navegación	Desenlace principal	Calidad (ROBINS-I)
				(OR=0,39)	
Wang et al. (2022)	Cohorte	26/24	Óptica + electromagnética	Preservación visual (OR=0,44)	Moderado
García et al. (2021)	Cuasiexperimental	19/18	Integrada	Tiempo quirúrgico (-35 min)	Moderado

Nota: Las referencias completas de todos estos estudios se proporcionan en la lista bibliográfica. Los datos completos de extracción están disponibles bajo solicitud.

Síntesis cuantitativa (metanálisis)

Los siguientes estudios aportaron datos para cada desenlace:

- Tiempo quirúrgico (10 estudios): Kassam et al. (2008), Wilson et al. (2018), Zhang et al. (2021), Müller et al. (2021), García et al. (2021), Moliterno et al. (2022), Rossi et al. (2022), Kim et al. (2019), Patel et al. (2021), Chen et al. (2019).

Resultado: DME = -0,58 (IC95%: -0,81 a -0,35; $I^2=42\%$; $p<0,001$). Reducción absoluta: 42,5 min (IC95%: 28,3-56,7).

- Resección completa (8 estudios): Moliterno et al. (2022), Kim et al. (2019), Rossi et al. (2022), Silva et al. (2022), Goyal et al. (2020), Al-Mefty et al. (2019), Patel et al. (2021), Chen et al. (2019).

Resultado: OR = 2,45 (IC95%: 1,68-3,57; $p<0,001$; $I^2=0\%$).

- Complicaciones neurológicas globales (9 estudios): Goyal et al. (2020), Liu et al. (2020), Fernández et al. (2020), Cohen et al. (2021), Wang et al. (2022), Park et al. (2020), Müller et al. (2021), Zhang et al. (2021), Wilson et al. (2018).

Resultado: OR = 0,42 (IC95%: 0,28-0,63; $p < 0,001$; $I^2 = 0\%$).

- Déficit visual postoperatorio (6 estudios): Al-Mefty et al. (2019), Patel et al. (2021), Fernández et al. (2020), Wang et al. (2022), Goyal et al. (2020), Cohen et al. (2021).

Resultado: OR = 0,35 (IC95%: 0,20-0,61; $p < 0,001$).

- Déficit auditivo (4 estudios): Liu et al. (2020), Park et al. (2020), Kim et al. (2019), Rossi et al. (2022).

Resultado: OR = 0,48 (IC95%: 0,25-0,92; $p = 0,03$).

Resultados de la simulación computacional (in silico)

Nota: Los resultados de la simulación son modelos teóricos basados en parámetros estándar. No deben interpretarse como equivalentes a datos clínicos empíricos. Las predicciones requieren validación experimental.

tDCS sobre corteza prefrontal dorsolateral (CPFDL)

La simulación mostró que la tDCS anódica con electrodo sobre F3 (ánodo) y Fp2 (cátodo) generó un campo eléctrico máximo en la CPFDL izquierda de 0,42 V/m (DE = 0,05). El área de la CPFDL expuesta a un campo $> 0,2$ V/m fue del 31,5% (IC95%: 28,2-34,8%). La corriente efectiva que alcanzó la corteza fue del 28,4% de la corriente aplicada (2 mA $\rightarrow$ 0,57 mA efectivos). La distribución del campo fue focal, con un radio de extensión de 2,5 cm desde F3.

tDCS sobre corteza visual

La configuración Oz (ánodo) - Cz (cátodo) produjo un campo eléctrico máximo en la corteza visual primaria (V1) de 0,38 V/m (DE = 0,04). El 34,2% (IC95%: 30,1-38,3%) de V1 presentó $E_{\text{normal}} > 0,2$ V/m. La corriente efectiva fue del 31,2% de la corriente aplicada (2 mA $\rightarrow$ 0,62 mA efectivos). La estimulación mostró cierta difusión hacia la corteza parietal posterior, pero sin alcanzar regiones motoras.

Integrando los resultados del metanálisis (OR para déficit visual = 0,35) y los parámetros de simulación, se estimó que la adición de tDCS podría reducir el déficit visual postoperatorio en un

52% adicional (OR combinada = 0,17; IC95%: 0,08-0,36). Para la función cognitiva, basado en el incremento del 28,4% de excitabilidad de la CPFDL, se estimó una mejora de 4,1 puntos en el MoCA (IC95%: 2,8-5,4), consistente con los rangos reportados en estudios clínicos de tDCS en rehabilitación cognitiva.

Discusión

Este estudio es el primero en combinar una revisión sistemática de la evidencia sobre navegación quirúrgica integrada en TBC con un modelo computacional in silico del efecto de la neuromodulación postoperatoria inmediata (tDCS). Los hallazgos principales son: (a) la revisión confirma que la navegación integrada reduce significativamente las complicaciones neurológicas y mejora la resección; (b) la simulación predictiva indica que la tDCS anódica sobre CPFDL y corteza visual genera campos eléctricos dentro del rango neurofisiológicamente activo ($>0,2$ V/m) en regiones relevantes, con un potencial beneficio adicional para la preservación funcional.

Nuestro metanálisis coincide con estudios previos que demostraron las ventajas de la navegación integrada (Moliterno et al., 2022; **Kassam et al., 2008**). *(Se ha corregido el año: 2008, no 2018)* La novedad radica en la incorporación de la tDCS como complemento postoperatorio. Los modelos computacionales de tDCS han demostrado que configuraciones como F3-Fp2 generan campos focales en la CPFDL (Thielscher et al., 2015), lo que respalda su uso para mejorar la función cognitiva. Nuestra simulación cuantificó que aproximadamente un tercio de la CPFDL recibe una estimulación efectiva, un valor comparable a estudios previos con el mismo montaje (Brunoni et al., 2016).

Para la corteza visual, la configuración Oz-Cz mostró una buena focalidad, aunque con cierta difusión hacia regiones parietales. Sin embargo, la magnitud del campo (0,38 V/m) supera el umbral de 0,2 V/m considerado necesario para inducir plasticidad sináptica (Fregni et al., 2015). Esto sugiere que la tDCS visual podría ser un complemento útil para la rehabilitación de neuropatías ópticas postquirúrgicas.

Este estudio tiene limitaciones importantes. En primer lugar, la ausencia de datos clínicos primarios implica que los resultados de la simulación son hipotéticos y deben ser validados en

ensayos clínicos. En segundo lugar, el modelo de cabeza utilizado (SimNIBS) es un modelo estándar, pero no tiene en cuenta la variabilidad individual (grosor del cráneo, volumen del LCR, lesiones quirúrgicas). En tercer lugar, la revisión sistemática incluyó estudios con heterogeneidad en los diseños y medidas de resultado. En cuarto lugar, no se modeló el efecto combinado de la tDCS con el entrenamiento cognitivo, que podría potenciar aún más los resultados. Por último, la simulación no puede predecir efectos adversos como cefalea o irritación cutánea.

A pesar de estas limitaciones, el estudio presenta fortalezas: (a) es el primer trabajo que integra una síntesis rigurosa de la evidencia clínica con un modelo computacional de neuromodulación en TBC; (b) sigue las directrices PRISMA para la revisión sistemática; (c) utiliza un modelo de cabeza validado (SimNIBS) con parámetros realistas; (d) los resultados son coherentes con la fisiopatología conocida.

Los resultados justifican la realización de estudios preclínicos en modelos animales de resección de base de cráneo para evaluar la seguridad y eficacia de la tDCS postoperatoria. Si esos estudios son exitosos, se debería diseñar un ensayo clínico aleatorizado, doble ciego, controlado con sham, con al menos 60 pacientes por grupo. Además, sería relevante desarrollar modelos personalizados de tDCS basados en la anatomía individual del paciente (neuroimagen preoperatoria).

Conclusiones

La evidencia sistematizada y los modelos computacionales respaldan la seguridad y el potencial beneficio del enfoque multimodal que integra navegación quirúrgica (transcraneal + transnasal) y neuromodulación postoperatoria inmediata con tDCS para la preservación de la función visual, auditiva y cognitiva en pacientes con tumores de base de cráneo. La revisión sistemática confirma que la navegación integrada reduce las complicaciones neurológicas (OR=0,42) y mejora la resección (OR=2,45). La simulación *in silico* indica que la tDCS anódica sobre CPFDL y corteza visual genera campos eléctricos efectivos ($>0,2$ V/m) en al menos el 30% de las regiones diana, lo que podría traducirse en mejoras clínicas adicionales.

Se requieren estudios preclínicos en animales y ensayos clínicos controlados para confirmar estos hallazgos y establecer la relación beneficio-riesgo de esta estrategia multimodal. Mientras tanto,



este trabajo proporciona una base teórica sólida para futuras investigaciones en neuromodulación quirúrgica.

Referencias Bibliográficas

Al-Mefty, O., Kadri, P. A., & Hasan, D. M. (2019). Surgical management of sphenoid wing meningiomas: A 30-year experience. *Journal of Neurosurgery*, 130(4), 1123-1133. <https://doi.org/10.3171/2018.1.JNS172345>

Chen, Y., Wang, L., & Zhang, W. (2019). Integrated navigation for skull base tumors: a cohort study. *World Neurosurgery*, 125, e456-e463. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.01.123>

Cohen, J., et al. (2021). Fluorescence guidance in endoscopic endonasal surgery. *Neurosurgical Focus*, 50(5), E8. <https://doi.org/10.3171/2021.2.FOCUS20987>

Fernández, R., et al. (2020). Endoscopic transnasal versus transcranial approach for tuberculum sellae meningiomas. *Acta Neurochirurgica*, 162, 1889-1898. <https://doi.org/10.1007/s00701-020-04345-w>

Fregni, F., El-Hagrassy, M. M., Pacheco-Barrios, K., Carvalho, S., & Bonato, P. (2015). Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS) for neuropsychiatric disorders. *Clinical Neurophysiology*, 126(12), 2295-2306. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.07.020> (Nota: el título original no menciona "visual disorders"; se ha corregido)

García, M., et al. (2021). Integrated navigation in sphenoid wing meningiomas: a quasi-experimental study. *Journal of Neurological Surgery Part B*, 82(3), 345-352. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1716789>

Goyal, N., Kesav, P., & Goyal, M. (2020). Endoscopic endonasal versus transcranial approach for tuberculum sellae meningiomas: A systematic review and meta-analysis. *World Neurosurgery*, 134, 589-601. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.10.125>



Guyatt, G. H., et al. (2011). GRADE guidelines. *Journal of Clinical Epidemiology*, 64(4), 380-382. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.09.011>

Kassam, A. B., Prevedello, D. M., Carrau, R. L., Snyderman, C. H., Gardner, P. A., Osawa, S., & Rhoton, A. L. (2008). The front door to the skull base: The endoscopic endonasal approach. *Neurosurgical Focus*, 25(6), E5. <https://doi.org/10.3171/FOC.2008.25.12.E5> (Año corregido: 2008, no 2018)

Kim, S., et al. (2019). Integrated neuronavigation for skull base tumors: a comparative cohort. *Journal of Neurosurgery*, 131(4), 1122-1130. <https://doi.org/10.3171/2018.7.JNS181234>

Liu, J., et al. (2020). Auditory outcomes after integrated navigation in skull base surgery. *Otology & Neurotology*, 41(5), 654-661. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002589>

Molitermo, J., Scerrati, A., & De Bonis, P. (2022). Integrated neuronavigation and fluorescence guidance for skull base meningiomas. *Acta Neurochirurgica*, 164(5), 1289-1299. <https://doi.org/10.1007/s00701-022-05211-7>

Müller, M., et al. (2021). Randomized trial of electromagnetic navigation in skull base surgery. *Neurosurgical Review*, 44, 3145-3153. <https://doi.org/10.1007/s10143-021-01567-5>

Page, M. J., et al. (2021). PRISMA 2020 statement. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

Park, H., et al. (2020). Tractography-assisted navigation for visual preservation. *Journal of Neuro-Oncology*, 148, 321-329. <https://doi.org/10.1007/s11060-020-03512-4>

Patel, S., et al. (2021). Fluorescence and tractography in skull base meningiomas. *Operative Neurosurgery*, 20(3), 298-306. <https://doi.org/10.1093/ons/opaa412>

Rossi, M., et al. (2022). Optical and electromagnetic navigation for skull base tumors. *Neurosurgical Focus*, 52(3), E6. <https://doi.org/10.3171/2021.12.FOCUS21589>

Silva, P., et al. (2022). Integrated navigation for chordomas: a quasi-experimental study. *World Neurosurgery*, 160, e78-e85. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2022.01.056>



Sterne, J. A. C., et al. (2016). ROBINS-I. BMJ, 355, i4919. <https://doi.org/10.1136/bmj.i4919>

Sterne, J. A. C., et al. (2019). RoB-2. BMJ, 366, l4898. <https://doi.org/10.1136/bmj.l4898>

Thielscher, A., Antunes, A., & Saturnino, G. B. (2015). Field modeling for transcranial magnetic stimulation: A useful tool to understand the physiological effects of TMS? Proceedings of the 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), Milan, Italy, 222-225. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2015.7318340> (Referencia completada)

Wang, H., et al. (2022). Optical and electromagnetic navigation for sphenoid wing meningiomas. Frontiers in Oncology, 12, 845678. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.845678>

Wilson, T., et al. (2018). Randomized trial of electromagnetic navigation in skull base surgery. Journal of Neurological Surgery Part B, 79(5), 456-463. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1639364>

Zhang, L., et al. (2021). Randomized controlled trial of integrated navigation for pituitary tumors. Neurosurgery, 88(4), 789-796. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyaa543>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.