ISSN (electrónico): 1695-2987 - ISSN (papel): 0003-3170

Angiología

Original

Embolización preoperatoria de paragangliomas carotídeos mediante punción directa con Onyx™

Preoperative embolization of carotid paragangliomas: direct transcatheter Onyx™ injection

Elena Pérez López, Silvia Limón Fernández, Jesús Fernández Bravo, Borja Castejón Navarro, Marta Serna Martínez, Belén Llergo Marcos, José Luis Caniego Monreal, Eduardo Bárcena Ruiz, Juan Manuel Fontcuberta García

Servicio de Angiología, Cirugía Vascular y Endovascular. Hospital Universitario La Moraleja. Hospital Universitario La Zarzuela Sanitas. Madrid

Resumen

Introducción: los paragangliomas carotídeos son tumores raros que se originan en el cuerpo carotídeo. Debido a su localización y a su gran vascularización, su manejo quirúrgico puede ser complejo y conlleva riesgos significativos. La embolización preoperatoria de paragangliomas carotídeos busca reducir el tamaño y la vascularización de estos tumores, lo que facilita su resección quirúrgica y disminuye el riesgo de complicaciones intraoperatorias.

La técnica de punción percutánea directa del tumor con Onyx™ se ha propuesto como una alternativa prometedora a las técnicas tradicionales de embolización.

Objetivos: este trabajo describe la técnica y revisa la efectividad y la seguridad de la embolización preoperatoria de tumores carotídeos mediante punción directa con Onyx™.

Material y métodos: se realizó un análisis retrospectivo de 5 pacientes con paragangliomas carotídeos tratados con embolización preoperatoria mediante punción directa con Onyx™ y posterior resección quirúrgica a los 4,6 días de media. 4 pacientes eran mujeres, con una edad media de 57 años. 3 casos eran Shamblin II y 2 casos, Shamblin II-III.

Resultados: todos los casos fueron embolizados con éxito, con un alto porcentaje de devascularización del tumor (90-100 %) y sin complicaciones. La resección se llevó a cabo con mínima pérdida sanguínea y sin inflamación ni fibrosis por el material embolizante.

Conclusiones: la embolización preoperatoria de paragangliomas carotídeos mediante punción directa con Onyx™ es una técnica efectiva, con mínimas complicaciones, y facilita la resección quirúrgica del tumor. Se recomienda su aplicación en el tratamiento de estos tumores.

Palabras clave:
Tumor del cuerpo carotídeo. Paraganglioma. Punción directa. Embolización. Onyx™.

Recibido: 09/01/2025 • Aceptado: 18/06/2025

Conflictos de interés: los autores declaran no tener conflictos de interés.

Inteligencia artificial: los autores declaran no haber usado inteligencia artificial (IA) ni ninguna herramienta que use IA para la redacción del artículo.

Pérez López E, Limón Fernández S, Fernández Bravo J, Castejón Navarro B, Serna Martínez M, Llergo Marcos B, Caniego Monreal JL, Bárcena Ruiz E, Fontcuberta García JM. Embolización preoperatoria de paragangliomas carotídeos mediante punción directa con Onyx™. Angiologia 2025;77(4):202-210

DOI: http://dx.doi.org/10.20960/angiologia.00727

Correspondencia:
Elena Pérez López. Servicio de Angiología, Cirugía Vascular y Endovascular. Hospital Universitario La Moraleja. Avda. Francisco Pi y Margall, 81. 28050 Madrid
e-mail: eperezlo@sanitas.es

©Copyright 2025 SEACV y ©Arán Ediciones S.L. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Abstract

Introduction: carotid paragangliomas are rare, highly vascularized tumors that originate in the carotid body. Due to its location and rich blood supply, its surgical management can be complex and carries significant risks. Preoperative embolization of carotid paragangliomas seeks to reduce the size and vascularization of these tumors, facilitating their surgical resection and reducing the risk of intraoperative complications.

The technique of direct percutaneous puncture of the tumor with Onyx™ has been proposed as a promising alternative to traditional embolization techniques.

Objectives: this work describes the technique and reviews the effectiveness and safety of preoperative embolization of carotid tumors by direct puncture with Onyx™.

Material and methods: a retrospective analysis was performed on 5 patients with carotid paragangliomas treated with preoperative embolization by direct puncture with Onyx and subsequent surgical resection at an average of 4.6 days. 4 patients were women, with an average age of 57 years. 3 cases were Shamblin II and 2 cases were Shamblin II-III.

Results: all cases were successfully embolized, with a high percentage of tumor devascularization (90-100 %) and no complications. The resection was performed with minimal blood loss and without inflammation or fibrosis from the embolizing material.

Conclusions: preoperative embolization of carotid paragangliomas by direct puncture with Onyx is a viable technique, with minimal complications and facilitates surgical resection of the tumor. Its application is recommended in the treatment of these tumors.

Keywords:
Carotid body tumor. Paraganglioma. Direct puncture. Embolization. Onyx™.

INTRODUCCIÓN

Los paragangliomas carotídeos son tumores raros originados en el glomo carotídeo. Representan menos del 0,5 % de los tumores de cabeza y cuello; los carotídeos son los más frecuentes en esta región (65 %). La incidencia exacta es desconocida, pero se estima en aproximadamente 1 por cada 30 000-100 000 personas, con mayor prevalencia en poblaciones de mayor altitud y tasa de mutaciones de genes SHD (enzima succinato deshidrogenasa), como en Holanda (1,2).

Se clasifican en esporádicos y familiares. El patrón familiar ocurre en un 10 % de los casos, con aparente herencia autosómica dominante. Además de presentarse en edades más jóvenes, se observa un mayor riesgo de tumores bilaterales o en otras localizaciones y mutaciones asociadas a enfermedad metastásica, como la mutación SDHB (3,4).

Clínicamente, la mayoría son asintomáticos y de lento crecimiento, aunque los tumores grandes pueden causar síntomas inespecíficos por compresión o invasión local de nervios, como el vago, el espinal e el hipogloso. Cerca del 5 % de los tumores tienen actividad neurosecretora, lo que precisa pruebas adicionales y descartar lesiones sincrónicas activas, como feocromocitomas (5).

La clasificación de Shamblin los tipifica en tres tipos según el tamaño, la extensión y la relación con estructuras vasculares, lo que permite valorar los riesgos intraoperatorios.

El riesgo de complicaciones neurovasculares y de lesión de pares craneales aumenta con el grado Shamblin (6,7). A pesar de su bajo potencial maligno (10 %), los paragangliomas son tumores benignos que requieren resección precoz debido a su alta vascularización y proximidad a estructuras neurovasculares, lo que incrementa el riesgo de complicaciones durante la cirugía (8).

Por ello y, a pesar de las controversias en la literatura y a la falta de consenso, la embolización preoperatoria se ha propuesto como una técnica que reduce el sangrado, facilitando la resección, especialmente en los Shamblin II y III, en los que la vascularización del tumor es más compleja (9,10). La embolización transarterial supraselectiva de los principales vasos aferentes con diferentes agentes embolizantes ha sido la técnica usada tradicionalmente con buenos resultados, pero está limitada por la anatomía vascular de las arterias aferentes, lo que desemboca frecuentemente en una embolización incompleta y en un procedimiento más largo y complejo (11,12).

Sin embargo, la embolización percutánea directa del tumor con Onyx™ es una alternativa efectiva con la que se logra una mayor devascularización del tumor y en menor tiempo, con mínimas complicaciones.

El objetivo de este artículo es describir esta técnica y revisar su efectividad y su seguridad a través de la presentación de cinco casos clínicos y una revisión de la literatura relevante.

MATERIAL Y MÉTODOS

Población

Se trata de un análisis retrospectivo de 5 pacientes diagnosticados de paraganglioma carotídeo a los que se les realizó embolización percutánea preoperatoria con Onyx™ 18 entre octubre de 2023 y noviembre 2024 en nuestro centro. En todos los casos se recogió el consentimiento informado y el estudio fue aprobado por el Comité de Ética del Hospital. La mayoría eran mujeres (4 casos) y su edad oscilaba entre los 47 y los 64 años, con una media de 57 años. En todos los casos el tumor se situaba en el lado derecho y no presentaba manifestaciones clínicas, salvo un paciente con síncopes de repetición. Una de las pacientes tenía historia familiar de paraganglioma. El tamaño del tumor oscilaba entre 17 y 39 mm y clasificamos 3 de los casos como de tipo II y los 2 casos que englobaban la carótida externa fueron clasificados como Shamblin II-III. El diagnóstico se estableció con la exploración física, eco Doppler y angio TAC/ARM. Se realizó PET TAC de extensión, estudio secretor y genético en todos los casos, que fueron negativos, excepto en el caso 4, en el que se detectó secreción de dopamina y fue tratada en el preoperatorio con doxazosina y betabloqueantes. El estudio genético sigue pendiente en los dos últimos casos tratados (Tabla I).

Procedimiento

Técnica de punción directa con Onyx™

Una vez valorado en sesión, y en colaboración con el servicio de neurorradiología, se realiza la embolización bajo anestesia general y/o anestesia local.

Tabla I. Características de los pacientes tratados

Parámetros	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
Sexo	Mujer	Mujer	Varón	Mujer	Mujer
Edad (años)	47	63	64	48	63
Antecedentes familiares	No	No	No	Madre PG	No
Lado del tumor	Derecho	Derecho	Derecho	Derecho	Derecho
Diámetro máximo (cm)	30	25	17	36	39
Shamblin	II	II	II	II-III	II-III
Síntomas preoperatorios	No	No	Síncopes	No	Cefaleas
Secretor	No	No	No	Dopamina	No
Técnica	Combinada	Directa	Directa	Directa	Directa
Vol Onyx	6 cm^3	5 cm^3	6 cm^3	6 cm^3	8 cm^3
Porcentaje de devascularización	100 %	100 %	100 %	90 %	90 %
Duración de la cirugía (horas)	2	3-3:30	2:30	4	4
Días hasta la cirugía	2	6	5	4	6
Sangrado intraoperatorio	< 50 ml	< 50 ml	< 50 ml	< 100 ml	<100 ml
Déficit neurológico postoperatorio	no	No	No	XII, X, VII, transitorio	X transitorio
Estancia en hospital tras cirugía	2 días	2 días	3 días	4 días	4 días

Mediante acceso femoral derecho ecoguiado y colocación de introductor de 6 F de 11 cm, se avanza con una guía Terumo de 0,035" y un catéter guía ENVOY 6F de 90 cm CERENOVUS. Se realiza la arteriografía selectiva inicial con el fin de localizar el paraganglioma y la bifurcación carotídea, identificando las aferencias arteriales del tumor, el drenaje venoso y las posibles anastomosis de riesgo entre la arteria carótida externa, la interna o la vertebral. Se deja el catéter en la carótida común para el control de la vascularización tumoral durante la embolización.

La ventaja de usar un catéter guía es que podemos introducir de manera coaxial un microcatéter compatible con Onyx y DMSO para ser más ultraselectivo con embolización transarterial de alguna rama nutricia como procedimiento adicional (13).

El acceso percutáneo laterocervical radioguiado se consigue mediante técnica de *road mapping* con varias proyecciones de la carótida común. Se coloca la aguja percutánea, generalmente de 21 G, dentro de la masa tumoral, con lo que se obtiene un flujo retrógrado lento y continuo a través de la aguja. Se administra contraste para confirmar la posición óptima de la punta de la aguja y se visualiza la vascularización del tumor mediante un parenquimograma. Se purga la aguja y la alargadera (compatibles con DMSO) con suero salino, se rellena el espacio muerto lentamente con DMSO y se procede a inyectar lentamente el Onyx™ 18 (6 %) bajo control fluoroscópico, sin exceder los 0,3 ml/min.

Una vez inyectado, el material avanza en forma de "lava" hacia el espacio tumoral a través de las numerosas ramificaciones vasculares. Se inyecta Onyx™ hasta confirmar la completa devascularización del tumor y se detiene la liberación cuando no progresa y/o se ocluye la porción del tumor que previamente se había visualizado irrigada por ese territorio vascular. La solidificación final ocurre en los 5 minutos posteriores a la administración del agente.

Se realizan arteriografías repetidas para evaluar el tratamiento y, si es necesario, reposicionar la aguja o repetir la embolización hasta lograr una oclusión completa. Dada la complejidad de la vascularización suelen requerirse múltiples punciones (3-4) para embolizar la mayor parte del tumor. Luego se comprueba el grado de devascularización del tumor mediante arteriografía a través del catéter guía y se realiza una arteriografía intracraneal para descartar complicaciones.

Si el resultado es satisfactorio, se retira el catéter y el introductor, realizando la compresión del acceso o del dispositivo de cierre percutáneo.

En el caso 1 la irrigación del tumor provenía de la arteria faríngea ascendente mediante dos ramas que nutrían la porción superior e inferior del tumor, por lo que se decidió una técnica combinada transarterial a través de microcatéter con Onyx™ de los pedículos principales y punción directa de Onyx™ hasta la oclusión total.

Se valora el porcentaje de devascularización del tumor y el paciente pasa a la UCI para su monitorización neurológica (Fig. 1).

RESULTADOS

En todos los casos la embolización fue exitosa y sin complicaciones intraoperatorias. Aunque depende

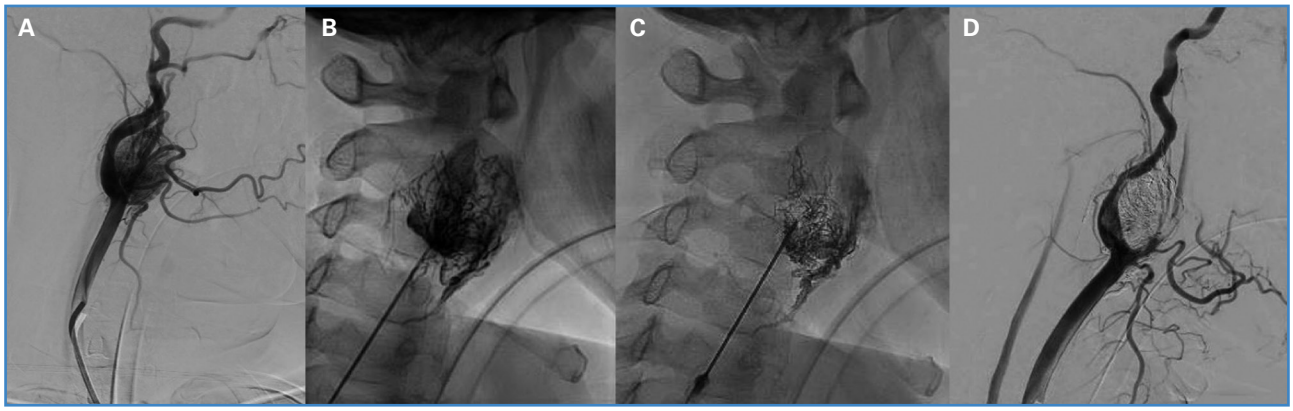

Figura 1. *Procedimiento. A. Arteriografía carotídea en la que se objetiva el tumor. B. Punción percutánea y parenquimograma. C. Embolización con Onyx. D. Control final con devascularización del tumor.*

del tamaño y de la vascularización del tumor, la duración de la embolización fue de 15-30 minutos y el tiempo total del procedimiento varió entre 90 y 120 minutos.

Se observó una significativa reducción del flujo sanguíneo en los paragangliomas tras la embolización con Onyx™, con porcentajes de devascularización del tumor del 90 % en dos casos y 100 % en los otros tres casos.

Los pacientes estuvieron monitorizados en UCI 24 horas sin complicaciones posoperatorias, como compromiso de vía aérea, embolización arterial inadvertida o secuelas neurológicas. Tampoco presentaron síntomas menores de inflamación descritos tras la embolización.

La cirugía del tumor se realizó entre 2 y 6 días tras la embolización, con una resección sin dificultad, ni inflamación, hematomas o fibrosis y el material de embolización no afectó a las maniobras quirúrgicas (Fig. 2).

Se evaluaron parámetros intraoperatorios de éxito clínico de resección del tumor recogiendo los datos de los informes quirúrgicos: tiempo de cirugía, pérdida de sangre, facilidad de resección, inflamación o fibrosis y complicaciones.

La pérdida de sangre intraoperatoria fue menor de 50 ml en los 3 casos y menor de 100 ml en 2 casos, con tiempo quirúrgico entre 2 y 4 horas (3:9 horas de media), y no se reportaron complicaciones intraoperatorias. No se requirió clampaje ni *shunt* carotídeo en ninguna intervención (Tabla I).

En los casos 4 y 5, con tumores más grandes Shamblin II-III, se requirió sección del vientre posterior del digástrico y ligadura de la carótida externa, con resección junto al tumor para facilitar su extirpación. El caso 4 presentó alteración transitoria de varios pares craneales en el posoperatorio (X, VII y XII) con tos, disfagia para líquidos, paresia facial, desviación lateral de la lengua a la derecha, sialorrea y disartria leve, atribuidas a una lesión inflamatoria temporal. El caso 5 tuvo una lesión transitoria del X.

El seguimiento por eco Doppler al mes de la cirugía objetivó permeabilidad de carótidas (excepto los dos casos de ligadura y sección de la carótida externa) y ausencia de masa tumoral residual o vascularización patológica. Está pendiente un estudio de imagen al año (ARM o ATAC) para confirmar la ausencia de tumor residual.

DISCUSIÓN

Los paragangliomas son tumores raros, por lo que escasean estudios sobre su diagnóstico y su tratamiento. El registro multicéntrico CAPACITY (Registro Internacional Cooperativo de Paraganglioma Carotídeo), con 1432 pacientes de México, Bolivia, Ecuador y España, publicó en 2022 su experiencia de 10 años, que es la serie más amplia hasta la fecha (14).

En el presente estudio la edad del diagnóstico fluctuó entre 40 y 64 años, 4 pacientes eran mujeres

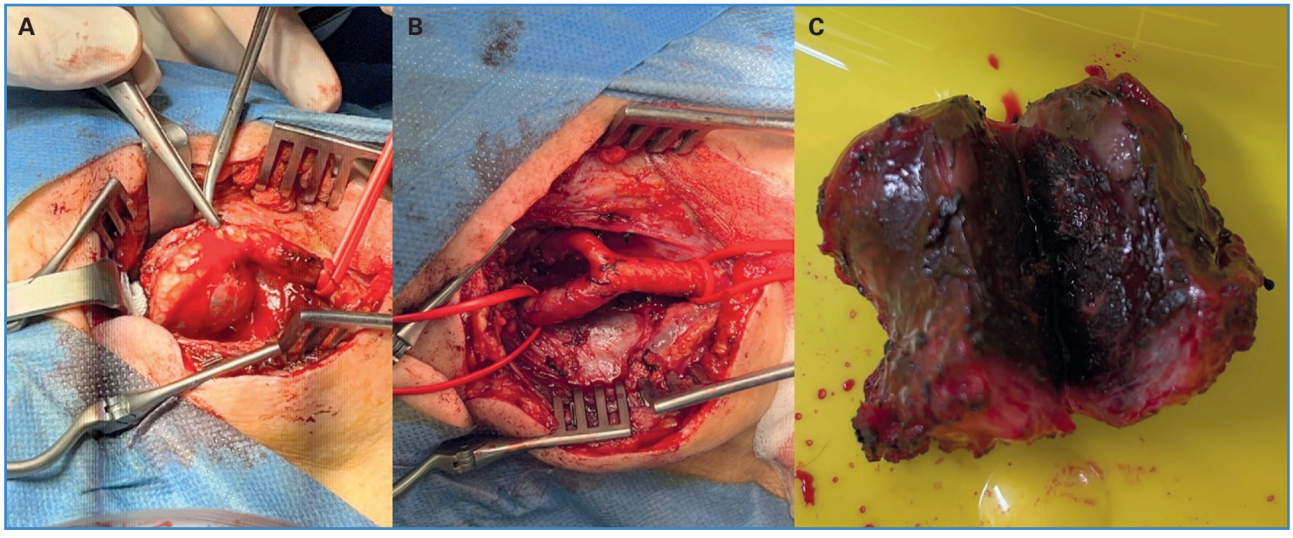

Figura 2. *Resección quirúrgica. A. Disección del paraganglioma. B. Tumor resecado, respetando carótida común, interna y externa. C. Pieza quirúrgica.*

y todos los casos se localizaron en el lado derecho, datos coincidentes con otros estudios que indican una relación mujer: hombre de 4:1 y mayor incidencia en el lado derecho (15).

Se han descrito tratamientos como la radioterapia y la embolización, pero la resección quirúrgica es el tratamiento de elección de los paragangliomas carotídeos y el único con potencial curativo (16). Resulta un desafío quirúrgico debido a su localización y a su alta vascularización, sobre todo de las ramas de la carótida externa (la más frecuente es la arteria faríngea ascendente), aunque también recibe aporte de otras, como vasa *vasorum* de la carótida común o rama meníngea de la carótida interna (17,18).

La lesión vascular es una complicación frecuente, particularmente en tumores grandes de tipo Shamblin III, que suelen requerir reconstrucción vascular (19).

Se ha debatido mucho sobre si la embolización preoperatoria es útil en la resección de tumores del cuerpo carotídeo. Los resultados del registro retrospectivo CAPACITY sugieren que reduce significativamente el sangrado intraoperatorio y el tiempo quirúrgico, lo que facilita la disección, por lo que se recomienda en pacientes Shamblin II y III, evaluando ventajas y riesgos del procedimiento de forma individual (20).

Otras revisiones sistemáticas y metaanálisis indican que la embolización preoperatoria disminuye la vascularización, lo que reduce el sangrado, facilita la cirugía y disminuye los riesgos (21-23).

Sin embargo, en algunos metaanálisis publicados por Kaya y cols. (24), Abu-Ghanem S y cols. (12) y Robertson V y cols. (25) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en pérdida de sangre, tiempo quirúrgico, estancia posoperatoria en el hospital, incidencia de AIT/ictus y lesión de nervio craneal, sin encontrar distinciones entre los grupos Shamblin I, II y III en cuanto al tiempo de cirugía, aunque sí destacaron una reducción estadísticamente significativa en la incidencia de lesiones vasculares.

En nuestra serie, la mayoría de los casos fueron tumores Shamblin II, y en todos se realizó una valoración conjunta con neurorradiología. Se optó por embolización preoperatoria mediante punción directa con Onyx™.

La embolización transarterial ha mostrado buenos resultados (11), pero la diminuta y la compleja vascularización del tumor no es fácilmente accesible para una cateterización supra -o ultraselectiva, por lo que es difícil lograr la embolización completa. Sin embargo, la inyección intratumoral del agente embolizante logra una mayor devascularización (18,26-30). La embolización percutánea proporciona una alternativa más fácil y de menor riesgo en comparación con la embolización arterial, lo que facilita el procedimiento quirúrgico posterior y permite una resección completa del tumor, con muy pocas complicaciones (31,32).

Un metaanálisis que comparó la seguridad y la eficacia de la embolización percutánea directa y la embolización trasnsarterial basado en 31 estudios retrospectivos mostró que la punción percutánea logró una mayor tasa de devascularización completa del tumor (91 % frente a 40,1 %). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en las complicaciones mayores y menores entre ambas técnicas (33).

Presentamos cinco casos con paragangliomas carotídeos en los que la vascularización principal proviene de ramas de la carótida externa. En todos los casos, la principal rama nutricia fue la rama recurrente de la arteria faríngea ascendente, coincidiendo con la literatura.

La técnica de punción directa del tumor con Onyx™ para su embolización se ha descrito en detalle (31,34-36), con ventajas con respecto a n-butyl cyanocrilato (n-BCA) usado en los estudios iniciales (12,37-39). Onyx tiene una precipitación más lenta, como "flujo de lava", lo que permite una liberación más controlada y segura, así como una mayor penetración en el lecho tumoral. Además, tiene la ventaja de distribuirse lentamente de forma anterógrada y retrógrada a todo el lecho tumoral, independientemente de la irrigación por diferentes arterias, lo que reduce la importancia de analizar la angioarquitectura de todos los vasos nutricios (36,27,40,41).

En nuestros pacientes, los tumores fueron por punción directa con Onyx™, de acuerdo con la técnica publicada por Felbaum y cols. (31) y García Gutiérrez A y González-Fajardo JA (13). El volumen de Onyx™ utilizado en los artículos revisados varió de 5 a 9 ml, dependiendo del tamaño del tumor, similar a nuestros casos. El intervalo de tiempo de la embolización y de la cirugía también es controvertido: en la mayoría

de los estudios se realiza la embolización 24-72 horas antes de la cirugía (9,16), aunque otros lo prolongan hasta 6 días (6). No existen datos suficientes para determinar el intervalo de tiempo óptimo y se necesitarían estudios comparativos para ver si puede afectar a los resultados intra- y posoperatorios.

En este estudio el tiempo de resección fue de 2 a 6 días, sin que se observara edema ni inflamación y sin neovascularización ni fibrosis. La pérdida de sangre fue menor de 100 ml (frente a 350 ml en otros estudios), con una disección fácil y limpia, preservando los pares craneales (42).

Las complicaciones posoperatorias no son raras debido a la íntima relación del tumor con estructuras nerviosas y vasculares. Las lesiones neurológicas más frecuentes afectan al nervio vago y al hipogloso (25). La parálisis de cuerda vocal es una complicación crucial de la resección quirúrgica (11,21,22). En nuestra serie, se identificó una lesión transitoria de pares craneales en ambos casos de tipo Shamblin II-III. Estos hallazgos coinciden con lo reportado en revisiones previas, que indican que las principales complicaciones se deben a la compresión de pares craneales en un 32 %, seguida de isquemia cerebral en un 8-20 % (43).

Aunque los resultados en nuestro centro son comparables a los descritos en la literatura, las limitaciones de este estudio son el pequeño tamaño de la muestra y su diseño retrospectivo. Como esta patología es poco común, no hay estudios prospectivos y retrospectivos adecuados con un gran número de pacientes para hacer recomendaciones.

CONCLUSIONES

La embolización preoperatoria de paragangliomas carotídeos mediante punción directa con Onyx™ es una técnica efectiva con mínimas complicaciones y facilita la resección quirúrgica del tumor al disminuir el sangrado y el tiempo de intervención, lo que reduce las complicaciones y los riesgos neurológicos asociados. Se recomienda su aplicación en el manejo de estos tumores, aunque se necesitan estudios adicionales para confirmar estos resultados con el objetivo de incorporar esta técnica en el tratamiento óptimo de estos pacientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Kakamad FH, Mustafa MN, Yasin SW, et al. Carotid body tumor: characteristics and surgical outcome. J Cardiothorac Surg 2024;19:473. DOI: 10.1186/S13019-024-02951-0
2. Davila VJ, Chang JM, Stone WM, et al. Current surgical management of carotid body tumors. J Vasc Surg 2016;64:1703-10. DOI: 10.1016/j.jvs.2016.05.076
3. Valderrama-Treviño AI, Correa-Posada MO, García-Vélez JF, et al. Carotid body tumors-A review. Int Surg J 2024;11(5):870-8. DOI: 10.18203/2349-2902.isj20241162
4. Feijoo Cano C, Carranza Martínez JM, Rivera Rodríguez MI, et al. Tumores del cuerpo carotídeo. Experiencia en 22 años y protocolo de seguimiento y despistaje familiar. Angiologia 2012;64(4):155-60.
5. Chow WB, Moore WS, Lamuraglia GM. Carotid Body Tumors. En: Sidaway AN, Perler BA (coord.). Carotid Body Tumors. Rutherford's Vascular Surgery and Endovascular Therapy. Philadelphia (PA, USA): Elsevier Health Sciences Chapter; 2019. p. 1255-64.
6. Power AH, Bower TC, Kasperbauer J, et al. Impact of preoperative embolization on outcomes of carotid body tumor resections. J Vasc Surg 2012;56(4);979-89. DOI: 10.1016/j.jvs.2012.03.031
7. Lee JT, Anderson DE, Gloviczki P. Carotid body tumors: Surgical management and outcomes. J Vasc Surg 2018;68(3):791-9. DOI: 10.1016/j.jvs.2018.03.002
8. Gad A, Sayed A, Elwan H, et al. Carotid body tumors: A review of 25 years' experience in diagnosis and management of 56 tumors. Ann Vasc Diseases 2014;7:292-9. DOI: 10.3400/avd.oa.13-00116
9. Zhang TH, Jiang WL, Li YL, et al. Perioperative approach in the surgical management of carotid body tumors. Ann Vasc Surg 2012;26(5):775-82. DOI: 10.1016/j.avsg.2012.01.014
10. Guerrero Enciso D, Ríos Reina JL, Figueroa García J, et al. Embolización selectiva de paraganglioma carotídeo como adyuvante previo a resección quirúrgica. Acta Médica Grupo Ángeles 2023(1):40-5. DOI: 10.35366/109020
11. Zhang J, Fan X, Zhen Y, et al. Impact of preoperative transarterial embolization of carotid body tumor: A single center retrospective cohort experience. International J Surg 2018;54:48-52. DOI: 10.1016/j.ijsu.2018.04.032
12. Abu-Ghanem S, Yehuda M, Carmel NN, et al. Impact of preoperative embolization on the outcomes of carotid body tumor surgery: A meta-analysis and review of the literature. Head & Neck 2016;38(9):E2386-94. DOI: 10.1002/hed.24381
13. García Gutiérrez A, González-Fajardo JA. Radioguided embolization of carotid paragangliomas with Onyx. Angiologia 2023;75(4):273-5. DOI: 10.20960/angiologia.00508
14. González-Urquijo M, Viteri-Pérez VH, Becerril-Gaitán A, et al. Clinical Characteristics and Surgical Outcomes of Carotid Body Tumors: Data from the Carotid Paraganglioma

Cooperative International Registry (CAPACITY) Group. World J Surg 2022;46(10):2507-14. DOI: 10.1007/s00268-022-06663-1
15. Gad A, Sayed A, Elwan H, et al. Carotid body tumors: A review of 25 years' experience in diagnosis and management of 56 tumors. Ann Vasc Diseases 2014;7:292-9. DOI: 10.3400/avd.oa.13-00116
16. Liu J, Mu H, Zhang W. Diagnosis and treatment of carotid body tumors. Am J Transl Res 2021;13(12):14121-32.
17. Shibao S, Akiyama T, Ozawa H, et al. Descending musculospinal branch of the ascending pharyngeal artery as a feeder of carotid body tumors: Angio-architecture and embryological consideration. J Neuroradiol 2020;47(3):187-92. DOI: 10.1016/j.neurad.2020.02.002
18. Ozyer U, Harman A, Yildirim E, et al. Devascularization of head and neck paragangliomas by direct percutaneous embolization. Cardiovasc Interventional Radiol 2010;33(5):967-75. DOI: 10.1007/s00270-010
19. Wen D, Zhou J, Li Y, et al. A new potential risk factor for permanent cranial nerve injury following carotid body tumor resection. Quantitative Imaging in Medicine and Surgery 2023;13:384-93. DOI: 10.21037/qims-22-871
20. González-Urquijo M, Hinojosa-González D, Viteri-Pérez VH, et al. An analysis from the CAPACITY database of outcomes of preoperative embolization before carotid body tumor surgery compared with resection alone. J Vasc Surg 2023;77(5):1447-52. DOI: 10.1016/j.jvs.2023.01.012
21. Jackson RS, Myhill JA, Padhya TA, et al. The effects of preoperative embolization on carotid body paraganglioma surgery: A systematic review and meta-analysis. Otolaryngology–Head and Neck Surgery 2015;153:943-50. DOI: 10.1177/0194599815605323
22. Texakalidis P, Charisis N, Giannopoulos S, et al. Role of preoperative embolization in carotid body tumor surgery: A systematic review and meta-analysis. World Neurosurgery 2019;129:503-513.e2. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.05.209
23. Napoli G, Tritto R, Moscarelli M, et al. Role of pre-operative embolization in carotid body tumor surgery according to Shamblin classification: A systematic review and meta-analysis. Head Neck 2023;45(5):1141-8. DOI: 10.1002/hed.27318
24. Kaya MG, Romagnoli S, Mandigers TJ, et al. Role of preoperative embolization in surgical management of carotid body tumors: A systematic review and meta-analysis. Angiology 2023;0(0). DOI: 10.1177/00033197231215240
25. Robertson V, Hobson B, Saratzis A, et al. A systematic review and meta-analysis of the presentation and surgical management of patients with carotid body tumours. J Vasc Endovascr Surg 2019;57(4):477-86.
26. Abud DG, Mounayer C, Benndorf G, et al. Intratumoral injection of cyanoacrylate glue in head and neck paragangliomas. AJNR American J Neuroradiol 2004;25(9):1457-62.
27. Elhammady MS, Peterson EC, Johnson JN, et al. Preoperative onyx embolization of vascular head and neck tumors by direct puncture. World Neurosurgery 2012;77(4):725-30. DOI: 10.1016/j.wneu.2011.02.033
28. Ulrich S, Lehmann M, Ebmeyer J, et al. Direct percutaneous embolization of a carotid body tumor with Onyx (Article in German). HNO 2009;57(12):1305-10. DOI: 10.1007/s00106-009-1960-x
29. Wiegand S, Kureck I, Chapot R, et al. Early side effects after embolization of a carotid body tumor using Onyx. J Vasc Surg 2010;52(4):742-5. DOI: 10.1016/j.jvs.2010.04.026
30. Yang T-H, Ou C-H, Yang M-S, et al. Preoperative embolization of carotid body tumor by direct percutaneous intratumoral injection of N-butylcyanoacrylate glue assisted with balloon protection technique. J Chinese Medical Association 2011;74(2):91-4. DOI: 10.1016/j.jcma.2011.01.018
31. Felbaum D, Syed H, McCullough M, et al. Embolization of carotid body tumors: Revisiting direct puncture technique, preliminary experience and literature review. Cureus 2016;8(6):e483. DOI: 10.7759/cureus.483
32. Pérez-García C, Rosati S, Serrano-Hernando F, et al. Preoperative SQUID embolization of carotid paragangliomas with direct puncture. Neuroradiol J 2020;33(3):224-9. DOI: 10.1177/1971400920936381
33. Schartz D, Manganaro M, Szekeres D, et al. Direct percutaneous puncture versus transarterial embolization for head and neck paragangliomas: A systematic review and meta-analysis. Interventional Neuroradiol 2023. Advance online publication. DOI: 10.1177/15910199231188859
34. Elhammady MS, Farhat H, Ziayee H, et al. Direct percutaneous embolization of a carotid body tumor with Onyx. J Neurosurg 2009;110:124-7. DOI: 10.1016/0002-9610(71)90436-3
35. Shah HM, Gemmete JJ, Chaudhary N, et al. Preliminary experience with the percutaneous embolization of paragangliomas at the carotid bifurcation using only ethylene vinyl alcohol copolymer (EVOH) onyx. J NeuroInterventional Surg 2012;4(2):125-9. DOI: 10.1136/jnis.2010.003970
36. Wanke I, Jäckel MC, Goericke S, et al. Percutaneous embolization of carotid paragangliomas using solely onyx. Am J Neuroradiol 2009;30(8):1594-7. DOI: 10.3174/ajnr.A1601
37. Harman M, Etlik O, Unal O. Direct percutaneous embolization of a carotid body tumor with n-butyl cyanoacrylate: An alternative method to endovascular embolization. Acta Radiologica 2004;45(6):646-8. DOI: 10.1080/02841850410006759
38. Krishnamoorthy T, Gupta AK, Rajan JE, et al: Stroke from delayed embolization of polymerized glue following percutaneous direct injection of a carotid body tumor. Korean J Radiol 2007;8:249-53.
39. Yang T-H, Ou C-H, Yang M-S, et al. Preoperative embolization of carotid body tumor by direct percutaneous intratumoral injection of N-butylcyanoacrylate glue assisted with balloon protection technique. J Chinese Medical Association 2011;74(2):91-4. DOI: 10.1016/j.jcma.2011.01.018

40. Elhammady MS, Peterson EC, Johnson JN, et al. Preoperative onyx embolization of vascular head and neck tumors by direct puncture. World Neurosurgery 2012;77(4):725-30. DOI: 10.1016/j.wneu.2011.02.033
41. Ierardi AM. Glue or onyx: A guide to choice-tips and techniques. J Endovasc Resuscitation and Trauma Management 2020;4(1):33-9. DOI: 10.26676/jevtm.v4i1.114
42. Economopoulos KP, Tzani A, Reifsnyder T. Adjunct endovascular interventions in carotid body tumors. J Vasc Surg 2015;61(5):1081-91.e2. DOI: 10.1016/j.jvs.2014.11.046
43. Dittman JM, Ghodke BV, Moe KS, et al. Five-year outcome of a staged giant Shamblin type III carotid body tumor excision. J Vasc Surg Cases and Innovative Techniques 2023;9(4):101320. DOI: 10.1016/j.jvscit.2023.101320