



Manejo endovascular de tumores de la base del cráneo. Revisión práctica de la literatura

Luis Rafael Moscote-Salazar,^a Jorge Balderrama,^b
Hernando Raphael Alvis-Miranda,^a Angel Lee,^c Gabriel Alcalá-Cerra^a

Endovascular management of skull base tumors. A practical review on literature

Generally speaking, skull base tumors are very difficult-to-reach lesions. More or less, two thirds of those tumors correspond to meningiomas, which are highly vascular tumors. Tumors that are able to an embolization are juvenile nasopharyngeal angiofibromas, hemangiopericytomas, hemangioblastomas, meningiomas, metastatic lesions, paragangliomas, glomus tumors and other paragangliomas. Pre-operative embolization of tumors arising in the skull base is a surgical strategy which allows to control probable hemorrhages secondary to the surgical resection of the tumor. The benefits of this sort of embolization have been partially demonstrated. However, there are concrete and objective results, as reduction in bleeding, time of surgery, post-operative hospital stay, and the use of blood transfusion; besides, another benefit reported is the lower morbimortality related to the surgical management of neural tissue and vascular structures. The aim of this article was to bring up to date the available information up to this moment, describe briefly the background of the pre-operative embolization of skull base tumors, and emphasize the knowledge related with the variables of this therapy, such as the types of hypervascular tumors, vascular anatomy related to this (according to type and position of the tumor), the types of embolization therapy in hypervascular tumors, as well as the materials that must be used.

Key words	Palabras clave
Embolization, Therapeutic	Embolización terapéutica
Neurosurgical procedures	Procedimientos neuroquirúrgicos
Meningioma	Meningioma

Recibido: 10/06/2013

Aceptado: 27/05/2014

La embolización de los tumores hipervasculares en forma preoperatoria permite acceder y disminuir la irrigación tumoral de manera segura antes del procedimiento quirúrgico.¹ Los beneficios han sido parcialmente demostrados, pero objetivamente reportados en términos de reducción del sangrado y tiempo operatorio, estancia hospitalaria postoperatoria, utilización de transfusiones sanguíneas y menor morbimortalidad relacionada con la manipulación quirúrgica del tejido neural y las estructuras vasculares.^{2,3,4} Adicionalmente, existen reportes que han demostrado que disminuye el riesgo de crecimiento de los remanentes en casos en los que no se logró la resección total.⁵ A pesar de ser una estrategia ampliamente utilizada en los centros que disponen de terapia endovascular neurológica, las indicaciones de esta herramienta quirúrgica no han sido establecidas, menos aún en los tumores de la base del cráneo. Las técnicas para la realización de este procedimiento pueden ser la cateterización arterial directa, o también la punción directa sobre la arteria tumoral principal.

Los tumores que pueden ser embolizados son los angiobromas nasofaringeos juveniles, hemangiopericitomas, hemangioblastomas, meningiomas, metástasis, paragangliomas y tumores del *glomus* y demás paragangliomas.⁶ Estos lineamientos, sin embargo, no realizan propuestas específicas de acuerdo con la ubicación anatómica de la lesión, ni de los resultados de los métodos de evaluación no invasiva que permitan aclarar adecuadamente la indicación del procedimiento.

Si bien existen múltiples series de embolización preoperatoria de tumores intracraneales, las experiencias publicadas con el manejo endovascular de los tumores de la base del cráneo es notablemente escasa y no existen estudios aleatorizados.⁷⁻⁹

Las observaciones de este estudio y la revisión de la literatura resaltan la importancia de la evaluación imagenológica no invasiva antes de realizar el estudio angiográfico. Actualmente, la utilización de estudios de perfusión mediante resonancia magnética o tomografía permiten estimar de forma segura y objetiva si la lesión es altamente vascularizada.¹⁰⁻¹³ Estos estudios son importantes debido a que mediante las imágenes convencionales de tomografía o resonancia magnética no se puede determinar con certeza el flujo vascular de la tumoración.

^aServicio de Neurocirugía, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia

^bInstituto Nacional de Pediatría, Distrito Federal, México

^cCentro Integral de Enfermedad Vascular (CIEV), Hospital Ángeles del Pedregal, Distrito Federal, México

Contacto con: Luis Rafael Moscote-Salazar
Correo electrónico: mineurocirujano@aol.com

Los tumores de la base del cráneo por lo general son lesiones a las que es difícil acceder. Un porcentaje que se aproxima a los dos tercios corresponde a meningiomas, los cuales son tumores altamente vasculares. Los tumores que pueden ser embolizados son los angiobromas nasofaríngeos juveniles, los hemangiopericitomas, los hemangioblastomas, los meningiomas, las lesiones metastásicas, los paragangliomas, los tumores del glomus y demás paragangliomas. La embolización preoperatoria de tumores que aparecen en la base del cráneo es una estrategia quirúrgica que sirve para controlar probables hemorragias que son secundarias a la resección quirúrgica del tumor. Los beneficios de esto se han demostrado de manera parcial; sin embargo, hay resultados objetivos concretos, como la

reducción del sangrado, del tiempo operatorio, de la estancia hospitalaria postoperatoria, y de la utilización de transfusiones sanguíneas, además de una menor morbilidad relacionada con la manipulación quirúrgica del tejido neural y las estructuras vasculares. El objetivo de esta revisión consistió en actualizar la información disponible hasta este momento, describir los antecedentes de la embolización preoperatoria de tumores de base de cráneo y enfatizar en el conocimiento de las variables relacionadas con esta terapia, tales como los tipos de tumores hipervasculares, la anatomía vascular relacionada (según el tipo y la localización del tumor), los tipos de terapia embolizante en tumores hipervasculares, así como los materiales que hay que utilizar.

Resumen

Se ha encontrado que aproximadamente el 10 % de los pacientes referidos para evaluación angiográfica y eventual embolización preoperatoria portan tumores angiográficamente avasculares, aun cuando las neuroimágenes convencionales sugieren la presencia de un tumor hipervascular.⁹ Es por ello que la realización de estudios de imagen con perfusión debe considerarse de forma rutinaria con el fin de evitar los costos y las potenciales morbilidades de una angiografía cerebral innecesaria.

Los tumores hipervasculares de la base del cráneo reciben la mayor parte de su irrigación a través de las arterias que suplen su sitio de implantación en la duramadre. Esto debe ser cuidadosamente delimitado en los estudios de imagen para obtener información que permita estimar la probabilidad de lograr una embolización exitosa.

Los meningiomas son lesiones extraaxiales derivadas de las células aracnoides de la cresta neural. Se localizan más frecuentemente en la convexidad, la región petrosa, el ala esfenoidal, el tentorio, el foramen magno, el seno cavernoso y el ángulo cerebelopontino. Un dato importante para tener en cuenta es que la mayoría de los neurocirujanos creen por tradición que los meningiomas en su mayor parte solo tienen irrigación a través de ramas de la arteria meníngea media, rama de la carótida externa. Pero Waldron *et al.* demuestran lo contrario al publicar un artículo sobre una serie de pacientes con meningiomas de la base del cráneo; en ese estudio detallan la irrigación mediante examen angiográfico. Las arterias nutricias se originaban exclusivamente en la arteria carótida externa en 22 % de los casos, en la arteria carótida interna en 25 %, en 45 % por ramas de las arterias carótida interna, externa y vertebral; mientras que 8 % tenía únicamente irrigación pial.⁹

Los resultados del tratamiento endovascular de los tumores de la base del cráneo han demostrado un patrón irrigatorio relativamente constante que varía

en relación con la ubicación de la lesión.¹⁴ Por tanto se ha encontrado que la mayoría de los tumores de la parte medial de la fosa craneal anterior, como es el caso de los meningiomas del tubérculo sellar, el plano esfenoidal y el surco olfatorio, son irrigados por ramos etmoidales de la arteria oftálmica cuya embolización acarrea el riesgo de amaurosis por oclusión de la arteria retinal central en caso de presentarse reflujo del material embolizante o cateterismo sub-oclusivo.^{2,15-18} Recientemente se ha informado en torno a algunas embolizaciones exitosas a través de la arteria oftálmica (las cuales no han llevado complicaciones visuales); sin embargo, la evidencia disponible hasta la actualidad no permite recomendar esta práctica debido a que el riesgo de lesión visual es demasiado alto.^{2,15} Aunque casi nunca es indicada la embolización de los tumores de la fosa craneal anterior, los nasoangiobromas juveniles son la excepción más notable, ya que estos tumores reciben la inmensa mayoría de su irrigación a través de ramas de la arteria maxilar interna y se ha observado que su tratamiento ha sido eficaz, así como ha sido descrito por Elhammady *et al.*, y por otros autores.¹⁹

La delimitación del pedículo dural es especialmente importante en los casos en que los tumores de la fosa media se relacionan con el ala esfenoidal. Los tumores de esta región tienen una irrigación de ramas de la arteria carótida interna como de la externa; sin embargo, la localización de su pedículo dural es determinante. Se ha demostrado que los tumores paraselares y de las apófisis clinoides se irrigan a través de las ramas durales del tronco meningo-hipofisario y del tronco inferolateral de la arteria carótida interna. Es por ello que la probabilidad de lograr una adecuada embolización de los meningiomas del tercio medio y del tercio interno del ala esfenoidal son muy bajas,⁹ en contraste con los tumores del tercio externo que en su mayoría son suplidos por los ramos anterior y petroso de la arteria meníngea media, y por la arteria recurrente del agujero

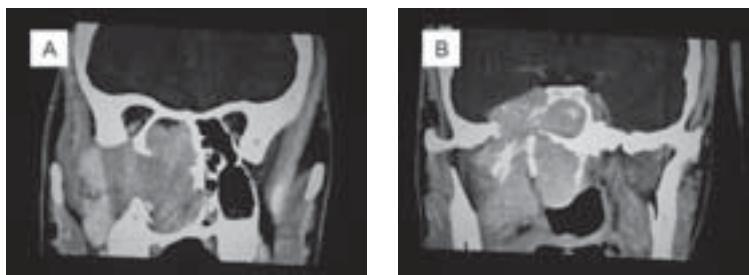


Figura 1 (A, B) Tomografía axial computarizada de cráneo contrastada. Se pueden percibir los cortes coronales que evidencian lesión en fosa craneal anterior

rasgado anterior y la de la meníngea accesoria, cuyo origen está en la arteria maxilar interna.¹⁴

El objetivo de esta revisión es actualizar la información disponible al momento, describir los antecedentes de la embolización preoperatoria de tumores de la base del cráneo, enfatizar en el conocimiento de las variables relacionadas con esta terapia, como los tipos de tumores hipervasculares, la anatomía vascular relacionada según el tipo y la localización del tumor, los tipos de terapia embolizante en tumores hipervasculares, y los materiales que hay que utilizar.

Evaluación e indicaciones

La embolización preoperatoria de tumores es una herramienta para evitar complicaciones hemorrágicas y mejorar los resultados quirúrgicos; las complicaciones relacionadas con un tratamiento adyuvante son inaceptables, por lo cual se debe tratar de reducir esta posibilidad. Los resultados de estudios previos realizados en pacientes portadores de tumores de la base del cráneo han demostrado que la mayoría de las complicaciones están relacionadas con los intentos de realizar una devascularización angiográfica completa. Rosen *et al.* reportaron una tasa de complicaciones de 21 %, de las cuales 9 % fueron secuelas neurológicas permanentes relacionadas con la embolización de ramas de la arteria carótida interna,⁸ lo cual es inaceptablemente alto en comparación con los beneficios obtenidos con la embolización.

Este porcentaje alto de complicaciones es reducido en forma importante al evitar la embolización de arterias dependientes de la arteria carótida interna, como la arteria oftálmica y los ramos meningohipofisiarios. Es con este cuidado que el porcentaje de complicaciones se reduce entre el 2 y el 10 %.

La realización de una angiografía por sustracción digital, apoyada con los hallazgos de angiografía por catéter y angiografía por resonancia magnética, permite un análisis integral de la lesión y su vascularización.^{6,9}

El depósito del material embolizante al interior de la vasculatura del tumor induce trombosis y necrosis isquémica, lo cual ocasiona reblandecimiento del tumor y facilita su resección.²⁰ Un estudio realizado por Quiñones-Hinojosa *et al.* demostró que la probabilidad de resecar extensamente un meningioma gigante (Simpson I y II) es de 8 a 10 veces mayor en aquellos que previamente han sido embolizados por la reducción del sangrado intraoperatorio y el tejido necrótico más friable, lo cual resalta la importancia de esta medida en el resultado quirúrgico final.²¹ Adicionalmente, otro estudio demostró que la embolización preoperatoria se asoció con un periodo libre de progresión mayor en el seguimiento a largo plazo en aquellos pacientes a los que no se les realizaron resecciones extensas.⁵ Finalmente, la embolización tumoral también se ha propuesto como una alternativa en el tratamiento paliativo en aquellos pacientes que por sus condiciones médicas no son candidatos para resecciones definitivas; sin embargo, no existe suficiente evidencia acerca de su eficacia y seguridad para ser recomendada como tratamiento de rutina en estos casos.²²

Entre los beneficios de la embolización preoperatoria tenemos la reducción del sangrado intraoperatorio, la reducción del tiempo quirúrgico, la reducción del riesgo de lesiones de estructuras vecinas, una mayor probabilidad de realizar una resección total y una menor probabilidad de recidivas. Entre las desventajas se encuentran los riesgos de la angiografía y del procedimiento en sí (figuras 1 y 2).

Cambios tumorales inducidos por la embolización

Las alteraciones de la estructura tumoral inducidas por la embolización han sido descritas casi de forma exclusiva en los meningiomas. En este tipo de tumores, el análisis histológico puede verse alterado por la presencia de necrosis y el aumento de la proliferación celular, lo cual puede modificar la graduación y por tanto el tratamiento y el seguimiento postoperatorio. Los hallazgos de un meningioma embolizado grado I pueden ser confundidos con un meningioma atípico grado II debido a la pérdida del tamaño celular y el volumen citoplasmático relativo; las vacuolas citoplasmáticas pueden simular un meningioma de células claras y la pérdida de la cohesión celular puede representar las características de un meningioma rabdoide.²³

A nivel citológico se encuentra una prominente disociación celular, con aislamiento celular o formación de pequeños grupos celulares, con gran infiltración de neutrófilos y macrófagos cargados de detritus celulares, tal como se observa en otros eventos isqué-

micos. Los cambios celulares más prominentes son el incremento de la relación núcleo/citoplasma, la reducción del volumen celular total, pionosis nuclear y cariorrexis.²⁴ A pesar de todas estas características, en la mayoría de los casos pueden identificarse áreas tumorales que conservan las arquitecturas histológica y citológica, las cuales permiten el diagnóstico certero.²⁴ Sin embargo, se ha descrito que la inmunomarcación con Ki-67 puede ayudar en la diferenciación, ya que no se incrementa en los tumores grado I previamente embolizados.^{23,25}

Selección de los casos

El éxito de la embolización prequirúrgica de los tumores intracraneales depende en gran parte de la selección adecuada del caso, ya que, dependiendo de la histología, ubicación, tamaño e irrigación tumoral, podrá estimarse la magnitud de los beneficios que se pueden obtener y los potenciales riesgos del procedimiento.

Como todo procedimiento invasivo, la embolización prequirúrgica de los tumores no está exenta de riesgos. Inicialmente deben tenerse en consideración las potenciales complicaciones relacionadas con el acceso vascular, la inyección del medio de contraste y, por supuesto, la oclusión inadvertida de arterias que también suplan tejidos sanos que deben preservarse.

De acuerdo con la estirpe histológica, se han identificado un grupo de tumores que serían los que más se podrían beneficiar del tratamiento preoperatorio. Entre estos se reconocen los meningiomas, los angiofibromas juveniles, los hemangiopericitomas, las lesiones metástasicas, los hemangioblastomas, los *glomus* yugulares y demás paragangliomas, así como los tumores cuya embolización preoperatoria debe ser tomada en consideración de forma rutinaria.⁶ Sin embargo, no solamente la probable histología debe ser considerada para la toma de decisiones, pues no

necesariamente todos los tumores de un determinado tipo histológico estarán provistos de una abundante vasculatura, lo cual es especialmente pertinente en el caso de los meningiomas, las lesiones metastásicas y los hemangiopericitomas.

En un estudio realizado por Waldron *et al.*, en el cual fueron evaluados mediante angiografía cerebral 119 pacientes con meningiomas en la base del cráneo, solamente al 54 % fue posible realizarle la embolización y cerca del 10 % era angiográficamente avascular.⁹ En aras de evitar realizar innecesariamente un procedimiento invasivo a tumores relativamente avasculares, antes de la angiografía cerebral debe considerarse la realización de una imagen de perfusión por tomografía o por resonancia magnética, lo cual, además de identificar los tumores avasculares, permite el estudio de las relaciones anatómicas del tumor con las arterias vecinas que deban ser preservadas en el subsiguiente procedimiento quirúrgico.

La inmensa mayoría de los tumores intracraneales susceptibles de embolización preoperatoria están adheridos a la duramadre y reciben su irrigación a través de vasos que se adhieren a ella. Por tanto, las relaciones anatómicas de la lesión con la duramadre deben ser cuidadosamente analizadas con el fin de establecer la viabilidad del procedimiento.

Antes de planear el procedimiento, debe tenerse en cuenta que prácticamente la totalidad de la duramadre de la convexidad supratentorial está irrigada por las divisiones anterior y posterior de la arteria meníngea media, cuya oclusión endovascular por lo general es técnicamente posible.⁹ Esta arteria también irriga la duramadre que cubre el aspecto lateral de la fosa craneal anterior. La convexidad infratentorial, por su parte, está irrigada predominantemente por los ramos hipoglosos y yugulares de la arteria faríngea ascendente, y la rama mastoidea de la arteria occipital. Las meninges de la fosa craneal anterior están irrigadas en su aspecto medial por las arterias etmoidales anteriores, etmoidales posteriores, los ramos olfatorios de la

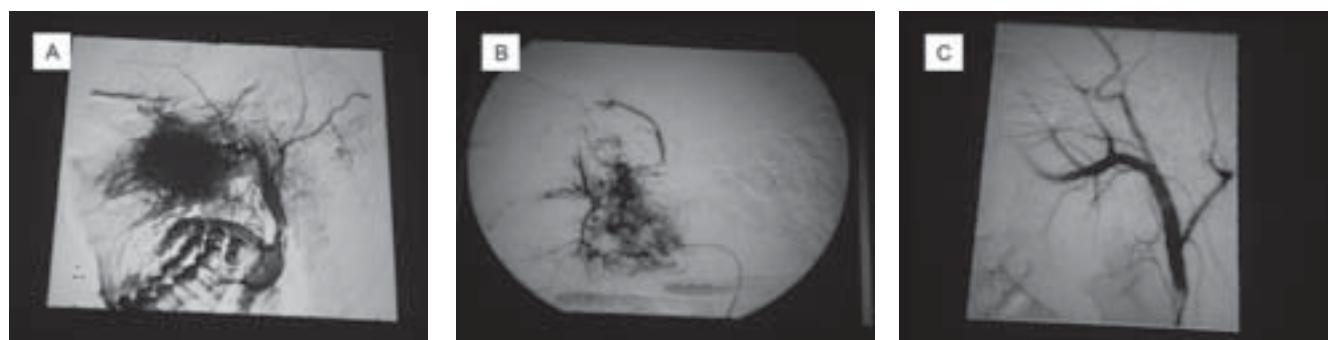


Figura 2 Angiografía de fase arterial temprana que muestra pre (A), trans (B) y post embolización (C) de nexoangiofibroma. Se evidencia embolización completa de la lesión tumoral

arteria cerebral anterior y el ramo recurrente de la arteria oftálmica, mientras que el aspecto más posterior de la duramadre de la fosa craneal anterior se irriga a través de las arterias capsulares de McConnell y la arteria meningo-lacimal.¹⁴

Por lo general, la mayoría de la vascularización de las lesiones de la fosa craneal media procede tanto de las ramas de la arteria carótida interna, como de la carótida externa. La duramadre más lateral de la fosa media recibe su irrigación a través de la rama petrosa de la arteria meníngea media y las arterias meníngeas accesorias y pericarotídeas provenientes de la arteria faríngea ascendente. Por su parte, tanto la duramadre sellar como la retrosellar son suplidadas casi en su totalidad por las arterias capsulares de McConnell, los ramos menígeos dorsales y el tronco inferolateral de la arteria carótida interna. En el espacio infratentorial, la duramadre está irrigada por ramas de las arterias vertebrales y de la faríngea ascendente; la primera irriga la superficie suboccipital y la última, la duramadre que circunda la cara lateral del ángulo ponto-cerebeloso.¹⁴ El tentorio, sitio relativamente frecuente de lesiones hipervasculares, se encuentra principalmente irrigado por la arteria tentorial medial de Bernasconi-Cassinari y la arteria tentorial lateral.

En la indicación de la embolización preoperatoria deben mantenerse expectativas reales del procedimiento. Aunque la mayoría de los tumores de la convexidad irrigados por la arteria meníngea media pueden ser desvascularizados en su totalidad, con los tumores de la base del cráneo los riesgos pueden ser inaceptablemente altos. Los tumores mediales de la fosa anterior por lo general no pueden ser embolizados de forma segura, debido a que su irrigación proviene de ramas directas o indirectas de la arteria carótida interna, cuyo diámetro por lo regular es muy pequeño y su oclusión puede acarrear un alto riesgo de lesionar estructuras sanas. Existen, sin embargo, múltiples reportes de casos que han comunicado la oclusión satisfactoria de ramos provenientes de la arteria oftálmica² o ramos del segmento cavernoso de la arteria carótida interna,^{26,27} bien sea utilizando partículas²⁶ o agentes líquidos embolizantes como el Onyx.² En una serie publicada por Waldron *et al.* la oclusión de ramos de la carótida interna pudo ser realizada en el 18 % de los vasos nutricios identificados.⁹ Sin embargo, en otros trabajos con similares porcentajes de oclusión han encontrado una tasa de complicaciones hasta del 12.6 %, de las cuales la mayoría son permanentes.⁸ Esta tasa de secuelas neurológicas es inaceptablemente alta si tenemos en cuenta que se trata de un procedimiento opcional que tiene como fin mejorar los resultados del tratamiento quirúrgico definitivo.

Algunos autores han recomendado que cuando se intenten ocluir estas ramas, el procedimiento se puede realizar asistido por un balón, de acuerdo con la téc-

nica de Abdel-Kerim *et al.*, con el fin de lograr una cateterización estable y evitar la migración o el reflujo del material embolizante desde la arteria diana hacia la luz del vaso de donde depende;²⁶ sin embargo, esta práctica no ha sido ampliamente validada y, por tanto, no puede ser recomendada.

Requerimientos técnicos

Para asegurar la efectividad y seguridad del procedimiento, es necesario un equipo angiográfico con capacidad de realizar imágenes de sustracción digital en tiempo real, *road-mapping*, además de un detallado análisis de las imágenes angiográficas obtenidas durante el procedimiento.

De forma sistemática deben realizarse todas las proyecciones convencionales de las arterias carótidas tanto internas como externas y ambas arterias vertebrales, con el fin de poder determinar con certeza la irrigación del tumor y descartar anastomosis entre los diferentes sistemas arteriales que puedan proscribir la oclusión de un vaso o tener implicaciones al momento de seleccionar el material embolizante.

Posteriormente se procede con la angiografía superselectiva, mediante la cual se podrá identificar en detalle la angioarquitectura del tumor y confirmar una vez más la ausencia de anastomosis riesgosas o variantes anatómicas. Aunque existe una numerosa lista de posibles anastomosis, entre ramas de la arteria carótida interna, externa y vertebral,¹⁴ las más frecuentes y riesgosas son:

- La arteria maxilar distal (ICA).
- El tronco neuromeníngeo de la faríngea ascendente (IX, X y XI).
- La rama odontoidea de la faríngea ascendente (VA).

La rama meningolacimal (ECA).

Una vez cateterizada supraselectivamente la rama que se desea embolizar, es recomendable la realización de *tests* funcionales, los cuales son imprescindibles al tratar los tumores de la base del cráneo, particularmente cuando guardan relación con los agujeros de emergencia de los nervios craneales.

Estas pruebas pueden realizarse mediante la oclusión intermitente con balones o con la inyección de pequeñas dosis de lidocaína o propofol, mientras el paciente se encuentra bajo neurolepto-analgésia. Con ellas es posible inducir de forma transitoria y reversible los déficits neurológicos que serían permanentes en caso de que la arteria fuera tratada. Una vez realizadas estas pruebas, es posible proceder con la aplicación del agente embolizante.

Durante la realización de una angiografía debemos realizar la aplicación de contraste dentro de las arterias carótidas internas y externas para lograr identificar la suplementación arterial, el tipo, número y geometría de las arterias relacionadas directamente con el tumor; de igual manera, evaluar la circulación colateral, las anastomosis arterio-arteriales complejas, la relación con nervios craneales, el compromiso de tejidos cutáneos, las dinámicas de flujos y el drenaje venoso, entre otros aspectos cuya importancia es crucial para una correcta realización del procedimiento.

Las opciones disponibles para estos procedimientos son:

- Polivinil-alcohol (partículas calibradas y embólicas esferas) de 150 a 300 micras.
- Onyx al 18 % y al 34 %.
- Gelfoam.
- Etanol.
- *Coils* de platino.

Anastomosis peligrosas

Algunos autores han sugerido que si la oclusión no es completa, el beneficio que ofrece el tratamiento parece ser mínimo o no existir.

Como complicaciones de embolizaciones de tumores, se ha descrito la parálisis facial, el dolor en cuero cabelludo y necrosis de piel. Se ha reportado la embolización de material hacia la carótida interna. La pre-

sencia de hemorragia cerebral y tumoral asociada a embolización es un evento raro.

Conclusiones

El control vascular preoperatorio de los tumores de la base del cráneo es una alternativa útil para disminuir el sangrado intraoperatorio, el tiempo quirúrgico y el riesgo de lesión de estructuras vecinas. Antes de cada procedimiento debe analizarse meticulosamente la irrigación dural vinculada con el tumor. El objetivo de la embolización preoperatoria de tumores es producir una devascularización del tumor, generando una necrosis tumoral a nivel de los precapilares para disminuir el sangrado transoperatorio y contribuir a una resección más radical y factible para el equipo quirúrgico. Deben ser tomados en cuenta los tiempos quirúrgicos y se debe enfatizar que hay que esperar al menos 24 horas y no más de siete días debido al fenómeno de revascularización. En relación con los meningiomas, la embolización es considerada de bajo riesgo, pues usualmente la irrigación de este tipo de tumores proviene de la arteria carótida externa. El conocimiento de la anatomía vascular es un requisito para el neurointervencionista que se enfrenta a este tipo de lesiones.

Declaración de conflicto de interés: los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno en relación con este artículo.

Referencias

1. Mine B, Delpierre I, Hassid S, De Witte O, Lubicz B. The role of interventional neuroradiology in the management of skull base tumours and related surgical complications. *B-ENT*. 2011;7 Suppl 17:61-6.
2. Trivelatto F, Nakiri GS, Manisor M, Riva R, Al-Khawaldeh M, Kessler I, et al. Preoperative onyx embolization of meningiomas fed by the ophthalmic artery: a case series. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2011;32: 1762-6.
3. Macpherson P. The value of pre-operative embolisation of meningioma estimated subjectively and objectively. *Neuroradiology*. 1991;33:334-7.
4. Alberione F, Iturrieta P, Schulz J, Masenga G, del Giudice G, Ripole M, et al. Preoperative embolisation with absorbable gelatine sponge in intracranial meningiomas. *Rev Neurol*. 2009;49:13-7.
5. Sughrue ME, Kane AJ, Shangari G, Rutkowsky MJ, McDermott MW, Berger MS, et al. The relevance of Simpson Grade I and II resection in modern neurosurgical treatment of World Health Organization Grade I meningiomas. *J Neurosurg*. 2010;113: 1029-35.
6. Duffis EJ, Gandhi CD, Prestigiacomo CJ, Abruzzo T, Albuquerque F, Bulsara KR, et al. Head, neck, and brain tumor embolization guidelines. *J Neurointerv Surg*. 2012;4:251-5.
7. Rosen CL. Meningiomas: the role of preoperative angiography and embolization. *Neurosurg Focus*. 2003; 15:1 p following ECP4.
8. Rosen CL, Ammerman JM, Sekhar LN, Bank WO. Outcome analysis of preoperative embolization in cranial base surgery. *Acta Neurochir (Wien)*. 2002; 144:1157-64.
9. Waldron JS, Sughrue ME, Hetts SW, Wilson SP, Mills SA, McDermott MW, et al. Embolization of skull base meningiomas and feeding vessels arising from the internal carotid circulation. *Neurosurgery*. 2011; 68:162-9.
10. Ren G, Chen S, Wang Y, Zhu RJ, Geng DY, Feng XY. Quantitative evaluation of benign meningioma and hemangiopericytoma with peritumoral brain edema by 64-slice CT perfusion imaging. *Chin Med J (Engl)*. 2010;123:2038-44.
11. Saloner D, Uzelac A, Hetts S, Martin A, Dillon W. Modern meningioma imaging techniques. *J Neurooncol*. 2010;99:333-40.
12. Cianfoni A, Cha S, Bradley WG, Dillon WP, Wintermark M. Quantitative measurement of blood-brain

- barrier permeability using perfusion-CT in extra-axial brain tumors. *J Neuroradiol.* 2006;33:164-8.
13. Zimny A, Sasiadek M. Contribution of perfusion-weighted magnetic resonance imaging in the differentiation of meningiomas and other extra-axial tumors: case reports and literature review. *J Neurooncol.* 2011;103:777-83.
 14. Martins C, Yasuda A, Campero A, Ulm AJ, Tanriover N, Rhoton A, Jr. Microsurgical anatomy of the dural arteries. *Neurosurgery.* 2005;56:211-51.
 15. White DV, Sincoff EH, Abdulrauf SI. Anterior ethmoidal artery: microsurgical anatomy and technical considerations. *Neurosurgery.* 2005;56:406-10.
 16. Terasaka S, Asaoka K, Kobayashi H, Yamaguchi S. Anterior interhemispheric approach for tuberculum sellae meningioma. *Neurosurgery.* 2011;68:84-8.
 17. Lagares A, Lobato RD, Castro S, Alday R, De la Lama A, Alen JF, et al. [Meningioma of the olfactory groove: review of a series of 27 cases]. *Neurocirugia (Astur)* 2001;12:17-22.
 18. Gonzalez-Darder JM, Pesudo-Martinez JV, Bordes-Garcia V, Quilis-Quesada V, Talamantes-Escrivá F, González-López P, et al. [Olfactory groove meningiomas. Radical microsurgical treatment through the bi-frontal approach]. *Neurocirugia (Astur).* 2011;22: 133-9.
 19. Elhammady MS, Johnson JN, Peterson EC, Aziz-Sultan MA. Preoperative embolization of juvenile nasopharyngeal angiomas: transarterial versus direct tumoral puncture. *World Neurosurg.* 2011;76: 328-34.
 20. Teasdale E, Patterson J, McLellan D, Macpherson P. Subselective preoperative embolization for meningiomas. A radiological and pathological assessment. *J Neurosurg.* 1984;60:506-11.
 21. Quinones-Hinojosa A, Kaprealian T, Chaichana KL, Sanai N, Parsa AT, Berger MS, et al. Pre-operative factors affecting resectability of giant intracranial meningiomas. *Can J Neurol Sci.* 2009;36:623-30.
 22. Dowd CF, Halbach VV, Higashida RT. Meningiomas: the role of preoperative angiography and embolization. *Neurosurg Focus.* 2003;15:E10.
 23. Matsuda K, Takeuchi H, Arai Y, Kitai R, Hosoda T, Tsunetoshi K, et al. Atypical and ischemic features of embolized meningiomas. *Brain Tumor Pathol.* 2012;29:17-24.
 24. Jimenez-Heffernan JA, Corbacho C, Canizal JM, Perez-Campos A, Vicandi B, Lopez-Ibor L, et al. Cytological changes induced by embolization in meningiomas. *Cytopathology.* 2012;23:57-60.
 25. Jensen RL, Soleau S, Bhayani MK, Christiansen D. Expression of hypoxia inducible factor-1 alpha and correlation with preoperative embolization of meningiomas. *J Neurosurg.* 2002;97:658-67.
 26. Abdel Kerim A, Bonneville F, Jean B, Cornu P, LeJean L, Chiras J. Balloon-assisted embolization of skull base meningioma with liquid embolic agent. *J Neurosurg.* 2010;112:70-2.
 27. Arustamian SR, Konovalov AN, Makhmudov UB, Edneva IaN, Dedegkaev AV. [Preoperative embolization of the internal carotid artery in surgical treatment of meningioma in the base of the anterior and middle cranial fossae]. *Zh Vopr Neirokhir Im N N Burdenko.* 2003;37-9.