



# Embolización preoperatoria con microesferas en meningiomas gigantes supratentoriales: experiencia de 5 años

Gustavo Melo-Guzmán  
Víctor Hugo Escobar-de la Garma  
Felipe Padilla-Vázquez  
Omar Antonio Pérez-Morales  
Rafael Mendizábal-Guerra

Servicio de Neurocirugía, Hospital Juárez de México,  
Secretaría de Salud, México DF.

## RESUMEN

**Antecedentes:** la embolización preoperatoria de tumores hipervascularizados, como los meningiomas, ha demostrado ser un factor favorable para su resección quirúrgica en términos de menor sangrado transquirúrgico y transfusiones sanguíneas.

**Objetivos:** evaluar el beneficio quirúrgico de la embolización preoperatoria con microesferas en meningiomas gigantes supratentoriales.

**Material y métodos:** estudio retrospectivo de los expedientes de pacientes postoperados entre 2007 y 2012 con diagnóstico de meningiomas gigantes supratentoriales ( $>5$  cm) ( $n=27$ ). La muestra se dividió en dos grupos: pacientes embolizados antes de la intervención ( $n=14$ ), y pacientes a quienes no se realizó embolización ( $n=13$ ). Se comparó la cantidad de sangrado transoperatorio, el tiempo quirúrgico, y el grado de resección evaluado por la escala de Simpson. Además, se evaluó el tamaño tumoral, la tasa de vascularización de la carótida interna y externa y el diagnóstico histopatológico.

**Resultados:** el promedio de resección de acuerdo con la escala de Simpson para meningiomas embolizados fue de 1.21, mientras que para meningiomas no embolizados fue de 1.92 (t de Student,  $p < 0.014$ ). No encontramos diferencias significativas en tiempo quirúrgico o en el sangrado transoperatorio. En más de la mitad de los casos utilizamos microesferas de 40-120  $\mu$ m de diámetro. Las microesferas se observaron fácilmente con los métodos usuales de microscopía y tinción, su existencia se correlacionó con áreas focales de necrosis. En todos los casos se encontró predominio de vascularización extracraneal, sin que el procedimiento endovascular se asociara con mortalidad.

**Conclusiones:** la embolización de meningiomas gigantes supratentoriales con microesferas mejora el grado de resección quirúrgica evaluada por la escala de Simpson.

**Palabras clave:** microesferas, embolización, meningiomas.

## Preoperative embolization with microspheres of giant supratentorial meningiomas: 5-year experience

### ABSTRACT

**Background:** Preoperative embolization of hypervascular tumours such as meningiomas has proven to be a favorable factor for resection of

Recibido: 27 de septiembre 2013

Aceptado: 18 de febrero 2014

### Correspondencia:

Dr. Víctor Hugo Escobar de la Garma  
Candelaria 24 edif B departamento 202  
04330 México DF  
Tel.: 01 55 55446562  
triskadeika@hotmail.com; tataboxboy@yahoo.com



the latter because it diminishes intraoperative bleeding and the need for blood transfusions.

**Objectives:** Evaluation of surgical outcomes of preoperative embolization with microspheres of giant supratentorial meningiomas.

**Methods:** We retrospectively analyzed patient records from 2007 to 2012 with the diagnosis of giant supratentorial meningiomas (measuring >5 cm) ( $n=27$ ) and obtained two samples: those with preoperative embolization ( $n=14$ ) and patients without any preoperative embolization ( $n=13$ ). We evaluated and compared statistically significant surgical bleeding, surgical time and resection grade (via Simpson scale). Additionally, we evaluated internal/external vascularization rate and the histopathologic diagnosis.

**Results:** According to the Simpson scale, the mean resection grade was 1.21 for embolized meningiomas, whereas for non-embolized meningiomas it was 1.92 (Student  $t$  test:  $p < 0.014$ ). No differences were found in surgical bleeding and operative time. We used microspheres whose diameters were 40-120  $\mu\text{m}$ , and these were easily observed with common microscopy techniques. In all cases we observed predominance in extracranial vascularization. No morbidity and mortality were recorded with the endovascular procedure.

**Conclusions:** Embolization with microspheres improves resection rate evaluated by the Simpson scale in patients with giant supratentorial meningiomas.

**Key words:** Microspheres, embolization, meningiomas.

## ANTECEDENTES

Los meningiomas son tumores hipervascularizados, con irrigación bimodal, con pedículos arteriales grandes y arterias corticales y piales pequeños, provenientes de la arteria carótida externa e interna, respectivamente.<sup>1</sup> El sangrado transoperatorio es un factor que puede alterar el curso de la cirugía en casos de localización compleja o en tumores gigantes. El grado de resección en la cirugía de meningiomas es un factor que determina la recurrencia y pronóstico del paciente,<sup>2-4</sup> por eso se han buscado alternativas para disminuir la vascularización de estas neoplasias.

Diversos estudios compararon la eficacia de la embolización preoperatoria de meningiomas con casos no embolizados desde que Manelfe y colaboradores<sup>5</sup> describieron en 1973 el primer caso de embolización prequirúrgica. En esos estudios se demostró la disminución del sangrado transoperatorio, de la necesidad de transfusiones sanguíneas, y del tiempo quirúrgico, cuando la desvascularización tumoral es extensa, y cuando la cirugía se retarda no más de diez días.<sup>6-13</sup>

Las microesferas son agentes particulados, oclusivos, que se utilizan para la embolización de lesiones tumorales. Algunas de sus ventajas son su conformación esférica, gran deformabilidad,

consistencia suave, nula agregación entre ellas, detección histológica fácil,<sup>14</sup> superioridad en el grado de necrosis alcanzado con su uso comparado con otros elementos particulados (polivinil alcohol).<sup>15</sup>

El objetivo de este estudio fue: evaluar el beneficio de la embolización preoperatoria con microesferas en meningiomas gigantes supratentoriales.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio retrospectivo efectuado con base en la revisión de los expedientes de pacientes operados entre el 1 de marzo de 2007 y el 31 de diciembre de 2012 en el Departamento de Cirugía Neurológica del Hospital Juárez de México, con el diagnóstico de meningiomas supratentoriales. De estos, solo se revisaron los archivos de pacientes diagnosticados con meningiomas gigantes supratentoriales (> 5 cm). Asimismo, se evaluaron las imágenes disponibles de los pacientes (resonancia magnética o tomografía computada), y las angiografías pre y posembolización, además de los reportes quirúrgicos e histopatológicos. En una sesión única bajo sedación, el neurocirujano endovascular realizó la embolización tumoral vía arterial transfemoral, ocluyendo exclusivamente ramas nutricias provenientes de la arteria carótida externa mediante microesferas de 40-120  $\mu\text{m}$  (Embozene® microspheres, CeloNova BioSciences) para asegurar la entrada total a la red capilar tumoral. Cuando no se contó con microesferas de tal diámetro se utilizaron microesferas con diámetro de 100-300  $\mu\text{m}$ . De manera subjetiva se evaluó el grado de vascularización tumoral apoyándonos en las imágenes de angiografía. La cirugía resectiva de las lesiones la realizaron tres neurocirujanos de nuestra institución siete a diez días después del procedimiento de embolización. Primero se estratificaron los datos en dos grupos: pacientes embolizados con microesferas y no embolizados prequirúrgicamente, posteriormente se estratificaron según las

localizaciones encontradas con más frecuencia: tumores parasagitales, de la convexidad cerebral y esfenoidales. Se comparó el sangrado transoperatorio, el tiempo quirúrgico, y el grado de resección quirúrgica medido por la escala de Simpson, para determinar la eficacia quirúrgica de la embolización. Se realizó análisis estadístico mediante la prueba t de Student (Excel) y se consideró significancia estadística cuando la  $p \leq 0.05$ .

## RESULTADOS

De los 81 pacientes intervenidos con diagnóstico de meningioma intracraneal supratentorial, entre los años 2007 y 2012, 27 (33%) cumplieron con la definición de meningioma gigante supratentorial (> 5 cm). De estos, 14 pacientes se embolizaron con microesferas antes de la intervención quirúrgica, y a los 13 restantes no se les realizó ese procedimiento. Las características generales de cada grupo se muestran en los Cuadros 1 y 2.

La localización más frecuente del total de pacientes ( $n = 27$ ) estudiados fue la convexidad cerebral (11.41%), meningiomas del ala esfenoidal (7.26%), y meningiomas parasagitales (6.22%) (Figura 1).

Los grupos no difirieron significativamente en volumen tumoral (embolizados mediana: 59.5, límites: 39.1-192.5, no embolizados mediana: 79.5, límites: 40.6-176.7,  $p = 0.23$ ). Como síntoma cardinal se registró: cefalea en 85% de todos los casos de meningiomas gigantes supratentoriales ( $n = 27$ ), seguido de síndrome corticoespinal contralateral en 48% de los casos. En tercer lugar se encontró historia de crisis convulsivas (tonico clónicas generalizadas en 25% de los casos, y 14% crisis parciales simples motoras). Los síntomas visuales, como disminución de la agudeza visual (11%) uni o bilateral, y amaurosis uni o bilateral (33%) no fueron datos infrecuentes en estos pacientes.

**Cuadro 1.** Características generales de los pacientes con embolización prequirúrgica de meningiomas gigantes supratentoriales con microesferas.

Paciente	Edad (años)	Sexo	Localización	Volumen tumoral (cc)	Sangrado (cc)	Tiempo quirúrgico (horas)	Grado de resección (Simpson)
1	30	M	Tentorial	90.9	520	5	2
2	52	M	Parasagital frontal	71.9	1600	7	2
3	74	M	Convexidad parietal	49.3	500	5	2
4	43	F	Parasagital frontal	57.3	300	3	1
5	66	M	Parasagital occipital	81.4	2000	5	1
6	36	F	Convexidad temporoparietal	61.7	500	3.5	1
7	64	F	Convexidad frontal	107.5	1000	6.5	0
8	44	F	Convexidad parietal	43.3	1100	5	0
9	35	F	Convexidad parietooccipital	192.5	3000	4	1
10	41	F	Ala esfenoidal	44.8	1200	5	1
11	49	F	Ala esfenoidal	39.1	5000	11	2
12	40	F	Ala esfenoidal	55.9	500	8.5	1
13	58	M	Convexidad occipital	72.2	800	5	1
14	48	F	Parasagital frontal	47.72	300	3	2

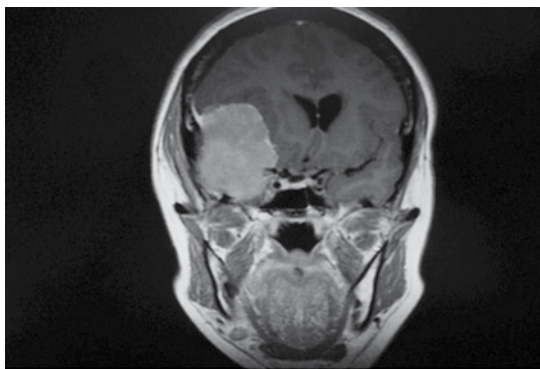
**Cuadro 2.** Características generales de los pacientes diagnosticados con meningiomas gigantes supratentoriales no embolizados prequirúrgicamente.

Paciente	Edad (años)	Sexo	Localización	Volumen tumoral (cc)	Sangrado (cc)	Tiempo quirúrgico (h)	Grado de resección (Simpson)
1	48	F	Ala esfenoidal	85.5	950	6.5	2
2	56	F	Surco olfatorio	40.6	800	8.5	1
3	28	M	Intraventricular atrial	136.9	4000	13	3
4	45	M	Parasagital frontal	107.9	600	4	1
5	29	F	Convexidad frontal	52.6	800	4	1
6	39	F	Ala esfenoidal	79.5	1400	8	3
7	72	M	Convexidad parietal	67.5	750	3.5	1
8	68	F	Parasagital frontal	151.16	2000	7	2
9	32	F	Ala esfenoidal	60.49	500	3	2
10	13	M	Convexidad frontal	176.7	2200	12	3
11	63	M	Convexidad temporoparietal	112.5	4000	9	3
12	17	F	Convexidad temporoparietal	60	1000	4	1
13	22	M	Ala esfenoidal	61	3500	9	2

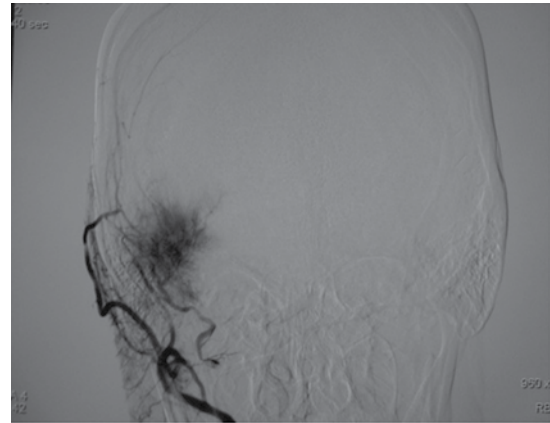
En 57.1% de los casos (8 pacientes) se realizó embolización con microesferas de 40-120  $\mu\text{m}$ ; mientras que en 42.8% (6 pacientes) restante se realizó embolización con microesferas de 100-300  $\mu\text{m}$ . En todos los casos se realizó desvascularización supraselectiva de los pedículos provenientes de la arteria carótida externa, específicamente de la arteria temporal superficial (64.2%), arteria occipital (21.4%) y arteria meníngea media (14.2%). En un paciente se encontró cefalea moderada a severa posterior al procedimiento neuroendovascular, que cedió con tratamiento farmacológico. Ninguna complicación mayor ocurrió posterior al procedimiento de embolización (Figuras 1-3).

La tasa de vascularización carótida interna: externa 0:100 en 64.2% de los casos embolizados (9 pacientes), 20:80 en 28.5% (4 pacientes) y 30:70 en un paciente (7.1%)

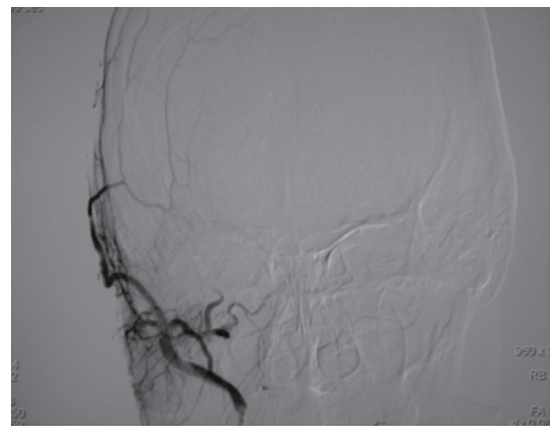
A todos los pacientes con embolización prequirúrgica se les hizo resección quirúrgica 7 a 10 días posteriores a la embolización (media 7.5 días). La decisión de resección retrasada



**Figura 1.** Vista coronal de resonancia magnética de encéfalo en ponderación T1 contrastada. Se observa un meningioma gigante del ala esfenoidal derecha, con intenso realce tumoral, con desplazamiento de las estructuras de la línea media hacia la izquierda, y colapso del sistema ventricular ipsilateral; discreto edema peritumoral.



**Figura 2.** Angiografía cerebral diagnóstica en fase arterial temprana (proyección antero posterior Towne) que demuestra vascularización predominante del caso presentado en la Figura 1 por ambas ramas de la arteria temporal superficial derecha, y la rama temporal profunda media de la arteria maxilar interna derecha.



**Figura 3.** Angiografía cerebral postembolización (proyección antero posterior Towne), en fase arterial temprana, que revela nula irrigación tumoral desde las ramas de la arteria carótida externa derecha.

se basó en la evidencia publicada por Chun<sup>9</sup> y Nania y sus colaboradores<sup>13</sup> donde se describe disminución de la consistencia tumoral, menores cantidades de sangre transfundida, y de tiempos de resección, respectivamente, con resecciones

realizadas más de siete días, y menos de diez postembolización.

El promedio de sangrado transoperatorio fue de 1308 cc (límites 300 y 5000 mL) en el grupo de meningiomas gigantes supratentoriales embolizados, con mediana de 900 mL. En el grupo de no embolizados el promedio fue de 1730 mL (límites 500 y 5000 mL), con mediana de 1000. No se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos ( $p=0.20$ ) (Cuadro 3).

El promedio de tiempo quirúrgico utilizado para la resección tumoral fue de 5.46 horas para el grupo de meningiomas gigantes supratentoriales embolizados, con mediana de 5 horas (límites 3 y 11 horas). En el grupo de no embolizados el promedio de tiempo quirúrgico fue de 7.03 horas, con mediana de 7 horas (límites 3 y 14 horas). Ambos grupos no difirieron de manera significativa ( $p=0.07$ ).

El grado de resección de acuerdo con la escala de Simpson difirió significativamente entre ambos grupos ( $p=0.014$ ). En el grupo de meningiomas gigantes supratentoriales embolizados

se encontró una media de 1.21 (mediana 1), mientras que el promedio en no embolizados fue de 1.923 (mediana 2).

En el grupo de pacientes embolizados se logró una resección Simpson Cero (0) en 14% de los pacientes, y en 64% grado de resección Simpson I, contrastando con 38% logrado en el grupo de no embolizados. Se encontró en 21% de los pacientes embolizados grado de resección Simpson II vs 30% de los pacientes no embolizados. En 30% de los casos no embolizados se logró un grado de resección Simpson III.

Cuando los datos se estratificaron respecto de la localización tumoral se encontraron diferencias significativas en el grado de resección solo en el grupo de meningiomas de la convexidad ( $p=0.05$ ) y esfenoidales ( $p=0.04$ ).

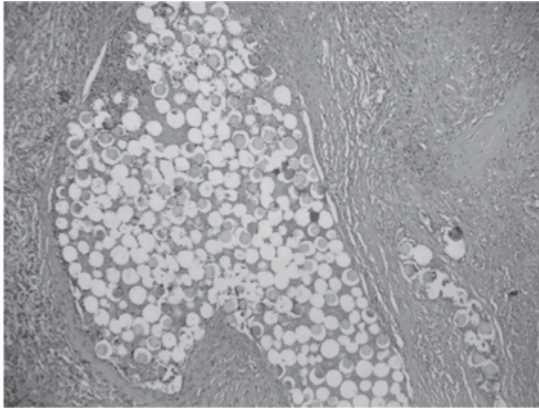
El subtipo histológico más frecuente en el grupo embolizado fue el transicional (6 casos, 42%), mientras que en el grupo no embolizado predominó el subtipo fibroblástico (6 casos, 46.15%). Se encontraron variantes atípicas en 11.1% de todos los casos estudiados ( $n=27$ ) (Figura 4).

**Cuadro 3.** Características de los pacientes intervenidos con diagnóstico de meningiomas gigantes supratentoriales.

	Embolizados ( $n=14$ )	No embolizados ( $n=13$ )	Valor de $p$
Edad (mediana) (años)	46 (límites 30 y 74)	39 (límites 13 y 72)	
Sexo (M/F)	4/10	6/7	
Volumen tumoral (mediana) ( $\text{cm}^3$ )	59.5 (límites 39.1 y 192.5)	79.5 (límites 40.6 y 176.7)	0.23*
Sangrado estimado (mediana) (mL)	900 (límites 300 y 5000)	1000 (límites 500 y 5000)	0.20*
Duración de cirugía (mediana) (h)	5 (límites 3-11)	7 (límites 3 y 14)	0.07*
Grado de resección Simpson (mediana)	1 (límites 0 y 2)	2 (límites 1 y 3)	0.014*

\*prueba t de Student.





**Figura 4.** Microfotografía teñida con hematoxilina-eosina, que revela aglutinación de microesferas en el capilar arterial, y necrosis tumoral adyacente en el caso de las Figuras 1-3 (meningioma fibroblástico).

## DISCUSIÓN

A la fecha, diversos reportes han comparado desenlaces transoperatorios en meningiomas embolizados *versus* no embolizados, la mayoría demuestra diferencias a favor del grupo embolizado respecto a: tiempo quirúrgico, necesidad de transfusiones sanguíneas, y sangrado transoperatorio.<sup>8,7,10,13</sup> Quiñones-Hinojosa y colaboradores describieron que la embolización prequirúrgica es un factor que mejora, además, la resecabilidad de los meningiomas gigantes supratentoriales.<sup>11</sup>

Históricamente se ha descrito una disminución en la necesidad de transfusiones sanguíneas (que se traduce en menor sangrado transoperatorio) tras la embolización preoperatoria de pacientes con meningiomas evaluado de manera objetiva o subjetiva.<sup>7,8,16</sup> Sin embargo, Bendszus y sus colaboradores<sup>16</sup> recalcaron que para lograr un beneficio quirúrgico, el grado de desvascularización tiene que ser elevado (> 90%). En nuestra serie no se encontraron diferencias estadísticamente significativas respecto al sangrado

transoperatorio, que puede atribuirse al reducido tamaño de la muestra estudiada.

En la bibliografía médica internacional se describe una tasa de complicaciones posteriores a embolización de 5.6%,<sup>17</sup> en nuestra serie no hubo casos de déficit neurológico secundario al procedimiento de embolización, pese al haber utilizado en 57% de los pacientes microesferas ultrapequeñas (diámetros de 40 a 120  $\mu$ m), que en algunos estudios se ha considerado como factor de riesgo para complicaciones.<sup>18,19</sup> Consideramos que nuestra nula tasa de complicaciones fue favorecida por el predominio de vascularización desde la arteria carótida externa en la mayoría de los casos, la embolización superselectiva con microesferas ultrapequeñas, insistiendo en embolizar primero la red capilar, después la red arteriolar, y finalmente la arteria tributaria. La mortalidad de nuestra serie es de 0.07% (1 paciente); sin embargo, ésta no estuvo directamente relacionada con el procedimiento endovascular, y es más baja que la reportada para cirugía de meningiomas (7-14%).<sup>20</sup> La única complicación encontrada fue menor (cefalea moderada a severa) en un solo caso embolizado con microesferas ultrapequeñas, y cedió tras la administración de analgésicos.

Determinamos el intervalo de tiempo desde la embolización a cirugía a menos de 10 días, acorde con lo presentado por Kai y colaboradores<sup>21</sup> donde, posterior al día 10 no existen diferencias significativas en cuanto a consistencia tumoral y sangrado. Tampoco se reportó cambio alguno en el pico de necrosis después del día 10.<sup>22</sup> En otro estudio del mismo año (2002) Chun y su equipo<sup>9</sup> encontraron diferencias significativas de sangrado cuando la cirugía se retrasaba más de 24 horas del primer día de embolización.

Se sugiere realizar el procedimiento de embolización desde la arteria carótida externa, por la baja tasa de complicaciones encontradas con

el tratamiento por esta ruta. Las ramas piales no deberían ser embolizadas, y ser manejadas transoperatoriamente. Por sus características físicas, las microesferas son el agente ideal para la embolización de estas lesiones comparándolas con otras sustancias particuladas y no particuladas.

En concordancia con la bibliografía mundial, la embolización preoperatoria de meningiomas gigantes puede mejorar el grado de resección de estas lesiones y quizá disminuir el sangrado transoperatorio, tomando en cuenta que los hallazgos y análisis de este estudio sufren el sesgo de las limitantes propias de los estudios retrospectivos, la baja muestra estudiada y la resección realizada por tres neurocirujanos.

La embolización de meningiomas no es factible en todos los centros hospitalarios de nuestro país, pues aún es necesario aclarar el costo-beneficio del uso de microesferas; sin embargo, es una herramienta que debe considerarse antes de operar un meningioma gigante hipervascularizado, mientras se cuente con la tecnología y los recursos humanos necesarios para tal fin.

## CONCLUSIONES

La embolización prequirúrgica con microesferas en meningiomas gigantes supratentoriales es un método que puede favorecer mejores grados de resección evaluados por la clasificación de Simpson. Para mejorar la evaluación de la efectividad real de la embolización pre quirúrgica de meningiomas, hacen falta más ensayos clínicos controlados.

## Conflicto de intereses

No se recibió ayuda económica de ninguna institución pública o privada o fundación, para esta investigación, ni tenemos afiliación con ninguna

industria. Ningún autor tiene intereses financieros en medicamentos, material, o dispositivos descritos en este artículo.

## REFERENCIAS

1. Dowd CF, Halbach VV, Higashida RT. Meningiomas: the role of preoperative angiography and embolization. *Neurosurg Focus* 2003;15(1):1-4.
2. Simpson D. The recurrence of intracranial meningiomas after surgical treatment. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1957;20(1):22-39.
3. Kinjo T, al-Mefty O, Kanaan I. Grade zero removal of supratentorial convexity meningiomas. *Neurosurgery* 1993;33(3):394-399.
4. Mirimanoff RO, Dosoretz DE, Linggood RM, Ojemann RG, Martuza RL. Meningioma: analysis of recurrence and progression following neurosurgical resection. *J Neurosurg* 2010;112(2):18-24.
5. Manelfe C, Guiraud B, David J, Eymeri JC, Tremoulet M, Espagno J, et al. Embolization by catheterization of intracranial meningiomas. *Rev Neurol (Paris)* 1973;128(5):339-351.
6. Richter HP, Schachenmayr W. Preoperative embolization of intracranial meningiomas. *Neurosurgery* 1983;13(3):261-268.
7. Macpherson P. The value of pre-operative embolisation of meningioma estimated subjectively and objectively. *Neuroradiology* 1991;33(4):334-337.
8. Dean BL, Flom RA, Wallace RC, Khayata MH, Obuchowski NA, Hodak JA, et al. Efficacy of endovascular treatment of meningiomas: evaluation with matched samples. *AJNR Am J Neuroradiol* 1994;15(9):1675-1680.
9. Chun JY, McDermott MW, Lamborn KR, Wilson CB, Higashida R, Berger MS. Delayed Surgical Resection Reduces Intraoperative Blood Loss for Embolized Meningiomas. *Neurosurgery* 2002;50(6):1231-1237.
10. Alberione F, Iturrieta P, Schulz J, Masenga G, del Giudice G, Ripoli M, et al. Preoperative embolisation with absorbable gelatine sponge in intracranial meningiomas. *Rev Neurol* 2009;49(1):13-17.
11. Quiñones-Hinojosa A, Kaprelian 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(5):623-630.
12. Borg A, Ekanayake J, Mair R, Smedley T, Brew S, Kitchen N, et al. Preoperative Particle and Glue Embolization of Meningiomas: Indications, Results and Lessons Learned from 117 Consecutive Patients. *Neurosurgery* 2013;73:244-252. (consultado 2013 sept 27). Disponible en <http://journals.lww.com/neurosurgery/pages/articleviewer.aspx?year=9000&issue=00000&article=98434&type=abstract>
13. Nania A, Granata F, Vinci S, Pitrone A, Barresi V, Morabito R, et al. Necrosis Score, Surgical Time, and Transfused Blood Volume in Patients Treated with Preoperative Embolization



- of Intracranial Meningiomas. Analysis of a Single-Centre Experience and a Review of Literature. *Clin Neuroradiol*. 2013. (consultado 2013 sept 27). Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1007/s00062-013-0215-0>
14. Rodiek SO, Stölzle A, Lumenta CB. Preoperative Embolization of Intracranial Meningiomas with Embosphere® Microspheres. *Minim Invasive Neurosurg* 2004;47(5):299-305.
15. Bendszus M, Klein R, Burger R, Warmuth-Metz M, Hofmann E, Solymosi L. Efficacy of Trisacryl Gelatin Microspheres versus Polyvinyl Alcohol Particles in the Preoperative Embolization of Meningiomas. *AJNR Am J Neuroradiol* 2000;21(2):255-261.
16. Bendszus M, Rao G, Burger R, Schaller C, Scheinermann K, Warmuth-Metz M, et al. Is There a Benefit of Preoperative Meningioma Embolization? *Neurosurgery* 2000;47(6):1306-1312.
17. Bendszus M, Monoranu CM, Schütz A, Nölte I, Vince GH, Solymosi L. Neurologic Complications after Particle Embolization of Intracranial Meningiomas. *AJNR Am J Neuroradiol* 2005;26(6):1413-1419.
18. Carli DF, Sluzewski M, Beute GN, van Rooij WJ. Complications of Particle Embolization of Meningiomas: Frequency, Risk Factors, and Outcome. *AJNR Am J Neuroradiol* 2010;31(1):152-154.
19. Sluzewski M, van Rooij WJ, Lohle PN, Beute GN, Peluso JP. Embolization of Meningiomas: Comparison of Safety between Calibrated Microspheres and Polyvinyl-Alcohol Particles as Embolic Agents. *AJNR Am J Neuroradiol* 2013;34(4):727-729.
20. Black PM. Meningiomas. *Neurosurgery* 1993;32(4):643-657.
21. Kai Y, Hamada J, Morioka M, Yano S, Todaka T, Ushio Y. Appropriate interval between Embolization and Surgery in Patients with Meningioma. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002;23(1):139-142.
22. Jimenez-Heffernan JA, Corbacho C, Cañizal JM, Pérez-Campos A, Vicandi B, López-Ibor L, et al. Cytological changes induced by embolization in meningiomas. *Cytopathology*. 2012;23(1):57-60.