

Embolia por metilmetacrilato

Methylmethacrylate embolism.

Edward Jassir Rozo Ortiz,^{1,2} Javier Orlando Barón Barón,^{1,2} Karen Geraldine Torres Rodríguez,¹ Jessica Alejandra Guerrero León,¹ Leidy Rocío Palacios Rojas,¹ Laura Stefanny López Niño,¹ Sonia Elizabeth Reyes,¹ Ledmar Jovanny Vargas Rodríguez,^{1,2} Julio César Velasco Castro¹

Resumen

OBJETIVO: Caracterizar a los pacientes con embolia por metilmetacrilato.

METODOLOGÍA: Búsqueda sistemática de bibliografía de casos clínicos apegada a la declaración PRISMA 20 y al Manual Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones (versión 5.1.022). Se incluyó población con diagnóstico de embolia o complicaciones vasculares por cemento óseo (metilmetacrilato) reportada en publicaciones de 1992 a 2019, con análisis de las características sociodemográficas, clínicas y paraclínicas.

RESULTADOS: El procedimiento más común fue la vertebroplastia (77%), sobre todo en mujeres (74.3%). El 63.5% eran pacientes sintomáticos y la arteria pulmonar el lugar más frecuente (89.2%). Todos recibieron anticoagulantes y la mortalidad fue del 9%.

CONCLUSIONES: Las mujeres tienen mayor riesgo de embolia por metilmetacrilato luego de intervenciones como la vertebroplastia, con mayor prevalencia de manifestación clínica pulmonar debido al émbolo en este nivel y detectada en el posoperatorio; sin embargo, a diferencia de lo descrito en la bibliografía, hubo mayor incidencia de pacientes sintomáticos. En los casos registrados, el tratamiento médico consistió en la administración de anticoagulante, sobre todo de heparina, con lo que las cifras de mortalidad reportadas fueron bajas.

PALABRAS CLAVE: Embolia; metilmetacrilato; vertebroplastia; insuficiencia respiratoria; hipertensión pulmonar.

Abstract

OBJECTIVE: To characterize patients with methylmethacrylate embolism.

METHODOLOGY: Systematic literature search of clinical cases according to the PRISMA 20 statement and the Cochrane Handbook of Systematic Reviews of Interventions (version 5.1.022). The population with a diagnosis of embolism or vascular complications due to bone cement (methyl methacrylate) reported in publications from 1992 to 2019 was included, with analysis of sociodemographic, clinical, and paraclinical characteristics.

RESULTS: The most common procedure was vertebroplasty (77%), mostly in women (74.3%); 63.5% were symptomatic patients and the pulmonary artery was the most common site (89.2%). All patients received anticoagulants and the mortality rate was 9%.

CONCLUSIONS: Women have a higher risk of methylmethacrylate embolism after interventions such as vertebroplasty, with a higher prevalence of pulmonary clinical presentation due to embolus at this level and detected postoperatively; however, unlike what is described in the literature, there was a higher incidence of symptomatic patients. In the reported cases, medical treatment consisted of the administration of anticoagulants, mainly heparin, so that the reported mortality figures were low.

KEYWORDS: Embolism; Methylmethacrylate; Vertebroplasty; Respiratory failure; Pulmonary hypertension.

¹ Programa de Medicina, Facultad de Ciencia de la Salud, Universidad de Boyacá, Tunja, Colombia.

² Departamento de Medicina Interna, Hospital San Rafael, Tunja, Colombia.

Recibido: septiembre 2022

Aceptado: enero 2024

Correspondencia

Ledmar Jovanny Vargas Rodríguez
lejovaro@gmail.com

Este artículo debe citarse como:

Rozo-Ortiz EJ, Barón Barón JO, Torres-Rodríguez KG, Guerrero-León JA, Palacios-Rojas LR, López-Niño LS, Reyes SE, Vargas-Rodríguez LJ, Velasco-Castro JC. Embolia por metilmetacrilato. Med Int Méx 2024; 40 (2): 127-136.

ANTECEDENTES

El metilmetacrilato, o cemento óseo, es un compuesto inerte que no se reabsorbe en el cuerpo humano. Este polímero logra el 90% de su efecto en una hora y sirve para la fijación de los componentes protésicos al hueso.¹ El cemento óseo posee dos componentes: un copolímero de polimetacrilato en polvo y un metacrilato de metilo líquido. Su diseño imita el material óseo cortical, que se considera el mejor material artificial porque tiene casi la misma compresión y tracción-fuerza que el hueso cortical. Además, puesto que mejora la formación de hueso se ha utilizado en procedimientos ortopédicos y neuroquirúrgicos: vertebroplastia, artroplastia, artrodesis, laminectomía y cifoplastia.^{1,2,3}

El metilmetacrilato se inyecta directamente en la zona quirúrgica, para estabilizar las trabéculas óseas mecánicamente y aliviar el dolor. Sin embargo, a pesar de que es un procedimiento relativamente seguro, se reportan algunas complicaciones: migración de cemento (embolia) a través de la circulación venosa derivada de la fuga del material de cementación. Pueden encontrarse émbolos en el 25% de los pacientes con vertebroplastia, que por fortuna son asintomáticos en la gran mayoría de casos.^{3,4,5}

Enseguida se expone una revisión sistemática de casos con embolia por metilmetacrilato que permitirá conocer las características sociodemográficas, clínicas, paraclínicas, terapéuticas, complicaciones y mortalidad.

METODOLOGÍA

Búsqueda sistemática de bibliografía de casos clínicos apegada a la declaración PRISMA 20 y al Manual Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones (versión 5.1.022). Se incluyó población con diagnóstico de embolia o complicaciones vasculares por cemento óseo (metilmetacrilato) reportada en publicaciones de

1992 a 2019, con análisis de las características sociodemográficas, clínicas y paraclínicas.

Criterios de inclusión: artículos de reportes y series de casos, estudios transversales, de casos y controles, cohortes y ensayos clínicos con datos sociodemográficos, clínicos, paraclínicos, imagenológicos y de tratamiento. *Criterios de exclusión:* revisiones de tema, cartas al editor o científicas y estudios en animales.

La búsqueda estuvo a cargo de dos investigadores en las bases de datos de: PubMed, Embase, Science direct, LILACS y Scielo, con la siguiente estrategia de búsqueda: *Cement AND Polymethylmethacrylate OR Methymethacrylate AND Arthroplasty OR Vertebroplasty*. La búsqueda se limitó a bibliografía relacionada con humanos y a textos publicados en español o inglés.

Los artículos se seleccionaron conforme a su título para elegir los que fueran acordes con el objetivo planteado y se evaluaron los resúmenes y, finalmente, se revisaron y analizaron los que se encontraron con texto completo.

Se integró una base de datos en Excel (versión 2013) y se analizó con el paquete estadístico SPSS v 22. El análisis fue univariado, por medio de estadística descriptiva, determinación de frecuencias absolutas y relativas en las variables cualitativas. Para las variables cuantitativas se estimaron medidas de tendencia central y de dispersión.

RESULTADOS

Selección de los estudios

Se encontraron 74 casos clínicos de pacientes con embolia por metilmetacrilato; de esos: 55 eran mujeres y 19 hombres, por lo que puede concluirse que las mujeres tienen mayor riesgo. Se identificaron 1065 estudios entre reportes y series de casos, de los que se descartaron 653 por

no tener relación directa con las complicaciones de la embolia pulmonar; 13 por estar escritos en otro idioma (portugués). Se eliminaron 112 artículos porque en realidad aludían a enfermedades distintas a la estudiada, 39 por estar repetidos y 174 que no coincidieron con los criterios de inclusión. Al final se analizaron 74 artículos: 71 de casos y 3 estudios de casos. El proceso de selección de los estudios se ejemplifica en un diagrama de flujo (**Figura 1**) congruente con la declaración de PRISMA.

De acuerdo con lo encontrado en este estudio hubo más casos clínicos de mujeres (n = 55) que de hombres (n = 19), lo que deja de manifiesto el mayor riesgo de ellas (**Cuadro 1 y Figura 2**). En la bibliografía consultada respecto de los procedimientos practicados, la vertebroplastia

se efectuó en 77%,¹⁻⁵⁷ la cifoplastia en 13.5%⁵⁸⁻⁶⁷ y la artroplastia en 9.5%.⁶⁸⁻⁶⁹ Fácilmente se concluye que la vertebroplastia fue el procedimiento más practicado en contraparte de la artroplastia.

Cuadro 1

Características clínicas

En relación con los síntomas 47 de los 74 casos tuvieron alguno. Esto indica que el cuadro clínico puede pasar inadvertido en algunos casos, sobre todo si no se tiene la sospecha diagnóstica. En los pacientes sintomáticos, el 25.7% los manifestaron durante el intraoperatorio. **Cuadro 2**

En cuanto a la migración de la embolia por metilmetacrilato relacionada con los síntomas fue más frecuente en la arteria pulmonar (89.2%), vena

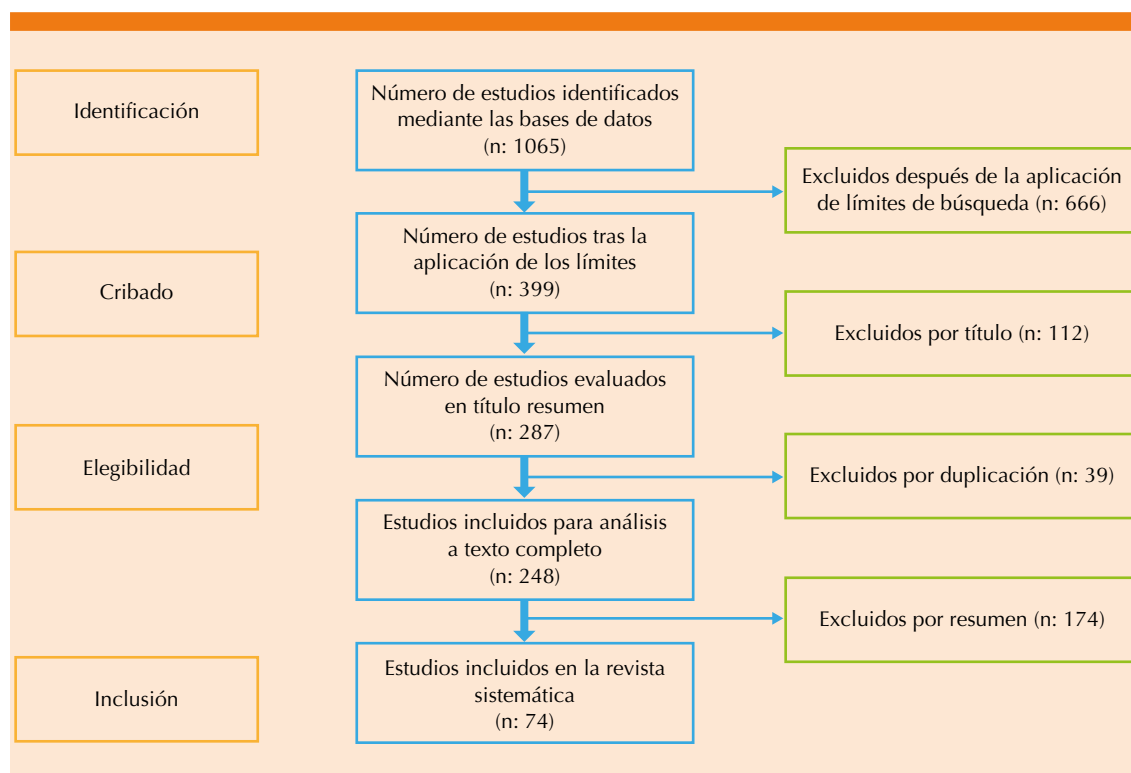


Figura 1. Flujograma PRISMA para la selección de estudios.

Cuadro 1. Características sociodemográficas

Variable	Frecuencia	Porcentaje	IC95%
Sexo			
Femenino	55	74.3	64.3-84.2
Masculino	19	25.7	15.7-35.6
Procedimiento realizado			
Vertebroplastia	57	77.0	67.4-86.6
Artroplastia	7	9.5	2.7-16.1
Cifoplastia	10	13.5	5.7-21.3
Migración a			
Corazón derecho	5	6.8	1.0-12.4
Cava inferior	14	18.9	9.9-27.8
Ácigos	6	8.1	1.8-14.3
Pulmonar	66	89.2	82.1-96.2
Arteria intercostal	1	1.4	0.0-3.98
Arteria poplítea	1	1.4	0.0-3.98
Sistema venoso perivertebral	1	1.4	0.0-3.98
Vena cava superior	1	1.4	0.0-3.98
Vena lumbar ascendente	1	1.4	0.0-3.98
Ventrículo izquierdo	1	1.4	0.0-3.98

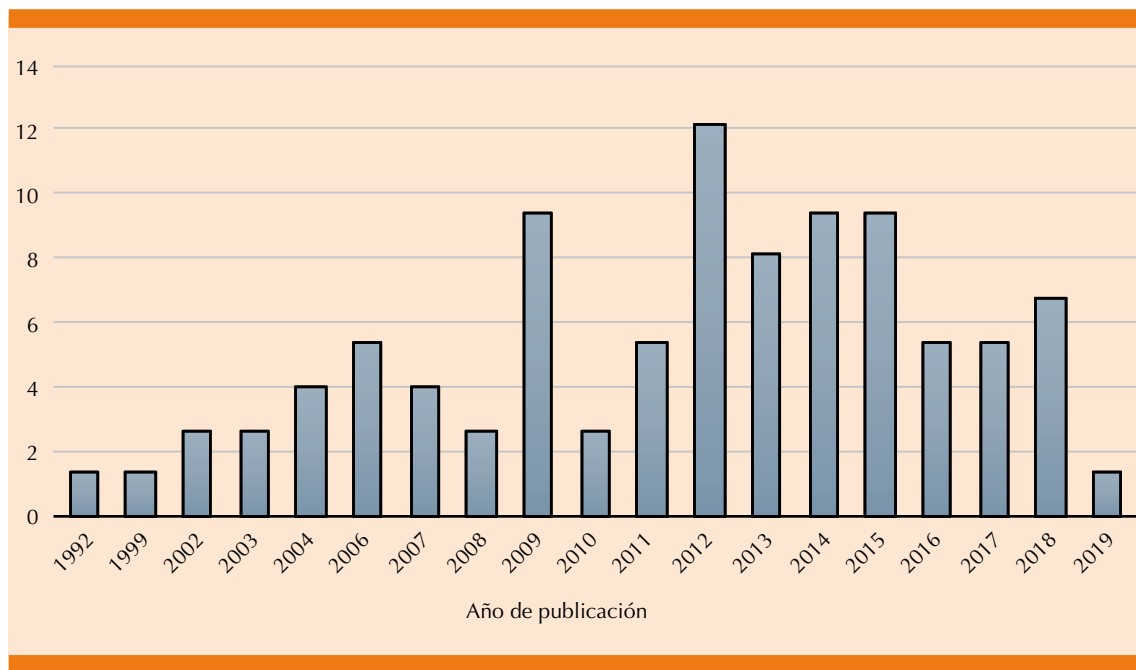


Figura 2. Prevalencia anual.

Cuadro 2. Características clínicas

Variable	Frecuencia	Porcentaje	IC95%
Sintomático			
Sí	47	63.5	52.5-74.4
No	27	36.5	25.5-47.4
Momento de la aparición de los síntomas			
Intraoperatorio	19	25.7	15.7-35.6
Posoperatorio	55	74.3	64.3-84.2
Cambios en el ECG			
Taquicardia ventricular sin pulso	1	1.4	0.0-3.98
Actividad eléctrica sin pulso	2	2.8	0.0-6.39
Cambios en el segmento ST	1	1.4	0.0-3.98
Normal	4	5.4	0.25-10.5
Cambios en la onda T	1	1.4	0.0-3.98
Taquicardia sinusal	2	2.8	0.0-6.39
Cambios en el ecocardiograma			
Detección del material intracardiaco	4	5.4	0.2-10.6
Insuficiencia valvular	4	5.4	0.2-10.6
Hipertrofia del ventrículo derecho	5	6.8	1.0-12.4
Hipertensión pulmonar	7	9.5	2.7-16.1
Fracción de eyección disminuida	4	5.4	0.2-10.6
Taponamiento cardiaco	3	4.1	0.0-8.5
Normal	10	13.5	5.7-21.3
Alteraciones de paraclínicos			
Elevación de troponinas	5	6.8	1.0-12.4
Aumento del péptido natriurético auricular	2	2.7	0.0-6.39
Aumento de los factores de coagulación	1	1.4	0.0-3.98

cava inferior (18.9%), vena ácigos (8.1) y lado derecho del corazón (6.8%).^{4,5,11,18-26,36,37,40,49,52,61,64,65}

También se registraron casos de migración a otras estructuras vasculares: arteria intercostal,⁶³ arteria poplítea,²³ sistema venoso perivertebral,²⁹ vena cava superior,³⁷ vena lumbar ascendente⁴⁷ y ventrículo izquierdo² en 1.4%. **Cuadro 1**

En los pacientes a quienes durante su internamiento se les practicó un electrocardiograma se identificaron las siguientes alteraciones: 1.4% taquicardia ventricular sin pulso,⁶⁹ 2.8% actividad eléctrica sin pulso⁵⁴ y taquicardia

sinusal en la misma proporción. El 1.4% de los casos experimentó cambios en el segmento ST y el 1.4% cambios en la onda T.^{57,64} El 5.4% no reportó cambio electrocardiográfico alguno que pudiera conducir a algún diagnóstico mediante la percepción de alguna alteración que evidenciara alteraciones electrocardiográficas relevantes. **Cuadro 2**

El estudio ecocardiográfico se reportó normal o sin alteración en el 13.5% de los casos; sin embargo, a pesar de ello se informaron 4.1% de casos con taponamiento cardiaco,^{16,64,65}

5.4% con detección de material intracardiaco, insuficiencia valvular y fracción de eyección disminuida. Además, 6.8% con hipertrofia en el ventrículo derecho y 9.5% con hipertensión pulmonar. **Cuadro 2**

Un pequeño porcentaje de pacientes tuvo elevación de las troponinas (6.8%) así como del péptido natriurético atrial en quienes tuvieron afectación cardiovascular. Solo un paciente tuvo alteraciones en los factores de coagulación, parámetros paraclínicos alterados en una minoría. **Cuadro 2**

Características terapéuticas y pronóstico

De los 74 pacientes analizados, 12 no recibieron tratamiento; por lo tanto, debió hacerse un seguimiento continuo en ellos. Sin embargo, del grupo restante que sí recibió tratamiento 11 requirieron oxígeno.^{6,54,55,68} Con respecto al tratamiento con anticoagulantes, a 21 se les indicó heparina y solo a 11 warfarina. Por lo que hace a los tratamientos invasivos a 11 se les practicó embolectomía.^{4,11,13,18,21,23,50,52,56,59,61} **Cuadro 3**

Gran parte de las complicaciones se relacionaron con infarto cerebral isquémico en un 4.1%, seguido de derrame pericárdico en la misma proporción de pacientes. En total 6 de 62 pacientes intervenidos fallecieron luego del procedimiento, casi todos asociados con múltiples complicaciones.^{7,8,14,21,53,55,67-69} **Cuadro 3**

DISCUSIÓN

Si bien en pacientes con fracturas de cualquier causa (vertebroplastia o cifoplastia) los procedimientos reparadores de tejido óseo se consideran mínimamente invasivos, aun así pueden sobrevenir complicaciones que, asociadas con características y comorbilidades propias del paciente, son de buen o mal pronóstico.⁷⁰

En esta revisión de casos con embolia por metilmetacrilato la prevalencia mayor fue en mujeres

(74%), circunstancia vinculada, a su vez, con la prevalencia de mujeres en quienes se indica la aplicación de cemento, como lo mencionan Luetmer y su grupo,⁷¹ quienes reportaron que 61.1% de sus pacientes femeninas tenían una probable asociación con osteoporosis.

Por lo que se refiere a la vertebroplastia, fue el procedimiento de mayor prevalencia en 77%; sin embargo, también se reportaron otros procedimientos: cifoplastias y artroplastias. La migración del émbolo fue mayor a nivel pulmonar en el 89.2% de los casos reportados. Este hecho contrasta con el reporte de Mansour y colaboradores⁷² respecto de la incidencia de embolia pulmonar al utilizar este material del 12.7%, Kim y coautores⁷⁰ del 23% y Venmans y su grupo⁷³ del 26%.

En la bibliografía se menciona, principalmente, la embolia a pulmón; sin embargo, se encontró reporte de embolia intracardiaca, sobre todo en el ventrículo derecho, con prevalencia de 6.8% de los casos. Este hecho también fue descrito por Hassani y coautores⁷⁴ a propósito de embolia intracardiaca del 3.9%. Otros lugares de migración con menor prevalencia fueron: vena ácigos, cava inferior, cava superior y la vena lumbar ascendente.

En el estudio aquí publicado se reportó 64.5% de casos sintomáticos a diferencia de lo que informaron Luetmer y su equipo⁷¹ con solo 4.3%. De la misma manera, Hassani y colaboradores reportaron 7% de sintomáticos y Venmans y coautores todos los casos como asintomáticos. Sin embargo, Mansour y su grupo⁷² mencionan una mayor prevalencia de casos sintomáticos con el 38.5%.

El momento de la manifestación clínica fue, en su mayoría, durante el posoperatorio, lo que concuerda con nuestro estudio donde solo el 25.7% fue intraoperatorio y, con mayor prevalencia, en el posoperatorio (74.3%), hecho semejante

Cuadro 3. Características terapéuticas y pronóstico

Variable	Frecuencia	Porcentaje	IC95 %
Manejo administrado			
Oxígeno	13	17.6	8.8-26.2
Embolectomía	13	17.6	8.8-26.2
Sin manejo	12	16.2	7.8-24.6
Warfarina	13	17.6	8.8-26.2
Heparina	25	33.8	23-44.5
Cirugía a corazón abierto	4	5.4	0.2-10.6
Derivación cardiopulmonar	1	1.4	0.0-3.9
Toracotomía con resección segmentaria de pulmón	1	1.4	0.0-3.9
Complicaciones			
Infarto cerebral isquémico	3	4.1	0.0-8.5
Coagulopatía intravascular diseminada	1	1.4	0.0-3.982
Derrame pericárdico	3	4.1	0.0-8.5
Insuficiencia respiratoria	2	2.7	0.0-6.39
Infarto pulmonar	1	1.4	0.0-3.98
Neumonía	1	1.4	0.0-3.98
Paro cardiorrespiratorio	1	1.4	0.0-3.98
Estado epiléptico	1	1.4	0.0-3.98
Mortalidad			
Sí	9	12.2	4.71-19.6
No	65	87.8	80.3-95.2

a lo descrito por Luetmer y su equipo,⁷¹ quienes informaron que solo en 8.7% la manifestación fue intraoperatoria.

Si bien 16.2% de los casos reportados no recibieron tratamiento, el grupo restante que sí lo recibió fue con warfarina (17.6%) y heparina (33.8%), igual que lo reportado por Mansour y su grupo,⁷² quienes informaron la indicación de heparina en el 38.5%, y algunos pacientes tratados mediante embolectomía.

Las complicaciones identificadas con mayor prevalencia fueron: infarto cerebral isquémico y derrame pericárdico en el 4.1% cada una y con paro cardiorrespiratorio en el 1.4%, lo que concuerda con lo publicado por Hassani

y coautores⁷⁴ en igual prevalencia del paro cardiorrespiratorio. Otras complicaciones con baja prevalencia encontradas en nuestro estudio fueron: insuficiencia respiratoria, neumonía, infarto pulmonar y coagulopatía intravascular diseminada.

La mortalidad evidenciada fue del 12.2% de los pacientes reportados, cifra aunque no alarmante, sí relevante en cuanto al pronóstico de los pacientes objeto de este tipo de procedimientos, como lo reportan Sinha y colaboradores⁷⁵ con muerte del 3% de pacientes tratados.

Una de las limitaciones de este estudio es la no inclusión de estudios de mayor jerarquía, como casos y controles, cohortes o ensayos clínicos

porque, sin duda, la baja prevalencia de la enfermedad no lo permite y la bibliografía publicada hasta el momento solo es de reportes y series de casos, lo que puede inducir el sesgo de información y de toma de decisiones y dificultar la comparación de las intervenciones terapéuticas.

CONCLUSIONES

Las mujeres tienen un riesgo mayor de embolia por metilmetacrilato luego de intervenciones como la vertebroplastia, con mayor prevalencia de presentación clínica pulmonar debido al émbolo en este nivel y detectada en el posoperatorio; sin embargo, a diferencia de lo descrito en la bibliografía hubo mayor incidencia de pacientes sintomáticos. En los casos registrados, el tratamiento médico consistió en la administración de anticoagulante, sobre todo de heparina, con lo que las cifras de mortalidad reportadas fueron bajas.

REFERENCIAS

- Vargas Rodríguez LJ, Agudelo Sanabria MB, Roza Ortiz EJ. Embolia pulmonar por metilmetacrilato. *Rev Colomb Cardiol* 2018; 25 (5): 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.rcar.2017.08.015>.
- Shridhar P, Chen Y, Khalil R, Plakseychuk A, Cho SK. A Review of PMMA Bone Cement and Intra-Cardiac Embolism. *Materials (Basel)* 2016; 9: 1-14. <https://doi.org/10.3390/ma9100821>.
- Rahimi B, Boroofeh B, Saleh RD, Nazifi H. Cement pulmonary embolism after percutaneous vertebroplasty in a patient with cushing's syndrome: A case report. *Respir Med Case Reports* 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rmcr.2018.06.009>.
- Park J, Kim J, Lee Y, Gwon J, Park Y, Park J. Intra-cardiac embolism of a large bone cement material after percutaneous vertebroplasty removed through a combination of an endovascular procedure and an inferior vena cava exploration: a Case Report. *J Korean Med Sci* 2018; 33 (19): 1-6. <https://doi.org/10.3346/jkms.2018.33.e141>.
- Cianciulli TF, Loughlin DEM, Morita LA, Saccheri MC, Lax JA. Bone cement cardiac and pulmonary embolism. *Echocardiography* 2017; 2-4. <https://doi.org/10.1111/echo.13580>.
- Yoo KY, Jeong SW, Yoon W, Lee J. Acute respiratory distress syndrome associated with pulmonary cement embolism following percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate. *Spine (Phila Pa 1976)* 2004; 29 (14): 294-97. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000131211.87594.B0>.
- Stricker K, Orler R, Yen K, Takala J, Luginbuhl M. Severe hypercapnia due to pulmonary embolism of polymethylmethacrylate during vertebroplasty. *Anesth Analg* 2004; 98: 1184-86. <https://doi.org/10.1213/01.ANE.0000104585.83801.C5>.
- Syed MI, Jan S, Patel NA, Shaikh A, Marsh RA, Stewart RV, et al. Fatal fat embolism after vertebroplasty: identification of the high-risk patient. *AJNR Am J Neuroradiol* 2006; 27: 343-45.
- Freitag M, Gottschalk A, Schuster M, Wenk W, Wiesner L, Standl T. Pulmonary embolism caused by polymethylmethacrylate during percutaneous vertebroplasty in orthopaedic surgery. *Acta Anaesthesiol Scand* 2006; 50: 248-51. <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.2005.00821.x>.
- Mactaggart JN, Pipinos II, Johanning JM, Lynch TG. Acrylic cement pulmonary embolus masquerading as an embolized central venous catheter fragment. *J Vasc* 2006; 43: 180-3.
- Lim KJ, Yoon SZ, Jeon Y-S, Bahk JH, Kim CS, Lee J-H. An Intraatrial thrombus and pulmonary thromboembolism as a late complication of percutaneous vertebroplasty. *Anesth Analg* 2007; 104 (4): 924-6.
- Abdul jalil Y, Bartels J, Alberti O, Becker R. Delayed Presentation of Pulmonary Polymethylmethacrylate Emboli After Percutaneous Vertebroplasty. *Spine (Phila Pa 1976)* 2007; 32 (20): 589-93.
- Zaccheo M V, Rowane JE, Costello EM. Acute respiratory failure associated with polymethyl methacrylate pulmonary emboli after percutaneous vertebroplasty. *Am J Emerg Med* 2008; 26: 7-9.
- Marden F, Putman C. Cement-Embolus Stroke Associated with. *Am J Neuroradiol* 2008; 29: 1986-8.
- Castillo Costa Y, García Aurelio M, Gómez Santamaría H, Mauro V. Embolia pulmonar por polimetilmetacrilato. *Rev Argent Cardiol* 2009; 77.
- Caynak B, Onan B, Sagbas E, Duran C, Akpınar B. Cardiac tamponade and pulmonary embolism as a complication of percutaneous vertebroplasty. *Ann Thorac Surg* 2009; 87 (1): 299-301. <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2008.05.074>.
- Fornell Pérez R, Santana Montesdeoca JM, Junquera Rionda P. Embolismo pulmonar múltiple por cemento acrílico tras vertebroplastia. *Arch Bronconeumol* 2010; 46 (9): 493-94.
- Dash A, Brinster DR. Open Heart Surgery for Removal of Polymethylmethacrylate After Percutaneous Vertebroplasty. *Ann Thorac Surg* 2011; 91 (1): 276-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2010.06.106>.
- Leitman D, Yu V, Cox C. Investigation of polymethylmethacrylate pulmonary embolus in a patient ten years following vertebroplasty. *Radiol Case* 2011; 5 (10):14-21.
- Habib N, Maniatis T, Ahmed S, Kilkeny T, Alkaied H, Elsaiegh D, et al. Cement pulmonary embolism after percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate. *Spine (Phila Pa 1976)* 2004; 29 (14): 294-97. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000131211.87594.B0>.

- neous vertebroplasty and kyphoplasty : An overview. *Hear Lung* 2012; 41 (5): 509-11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.hrtlng.2012.02.008>.
21. Alcibar J, Blanco R, García K, Pea N, Fernandez L, Arriola J. Embolia pulmonar múltiple tras vertebroplastia con polimetilmetacrilato, con evolución fatal a pesar de la extracción percutánea de un microfragmento. *Rev Esp Cardiol* 2012; 65 (6): 2011-2.
 22. Grifka RG, Tapio J, Lee KJ. Transcatheter retrieval of an embolized methylmethacrylate glue fragment adherent to the right atrium using bidirectional snares. *Catheter Cardiovasc Interv* 2012; 000.
 23. Mozaffar M, Radpay MR, Zirakzadeh H, Nabavizadeh P. Intra-arterial injection of acrylic cement as a complication of percutaneous vertebroplasty. *J Vasc Surg* 2012; 56 (4): 1107-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2012.04.010>.
 24. Kim SM, Min S, Jae J, Min S. Successful thrombolysis, angioplasty, and stenting of delayed thrombosis in the vena cava following percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate cement. *J Vasc Surg* 2012; 1119-3.
 25. Tourtier J-P, Cottez S. Pulmonary cement embolism after vertebroplasty. *N Engl J Med* 2012; 366: 3.
 26. Vallabhajosyula S, Sundaragiri PR, Bansal O, Townley TA. A rare nidus for pulmonary thromboembolism after vertebroplasty. *BMJ Case Rep* 2013; 10-3.
 27. Li Z, Ni R, Zhao X, Yang C, Li M. Cement embolus trapped in the inferior vena cava filter during percutaneous vertebroplasty. *Korean J Radiol* 2013; 14 (3): 451-4.
 28. Bedini MP, Albertini RA, Orozco S. Embolismo pulmonar de cemento posterior a vertebroplastia percutanea. *Rev Fac Cienc Med* 2013; 70 (3): 163-6.
 29. Geraci G, Iacono G Lo, Nigro C Lo, Cannizzaro F, Cajozzo M, Modica G. Asymptomatic bone cement pulmonary embolism after vertebroplasty: Case report and literature review. *Case Rep Surg* 2013; 2013: 1-5.
 30. Sifuentes Giraldo WA, Lamúa Riazuelo JR, Gallego Rivera JI, Vázquez Díaz M. Embolismo pulmonar por cemento tras vertebroplastia. *Reum Clin* 2013; 9 (4): 239-42.
 31. Cordova A, Alfageme I. Embolismo pulmonar por cuerpo extraño. *Arch Bronconeumol* 2014; 50 (1): 2896.
 32. Barimboim E, Abdala J, Malberti G. Embolismo por metacrilato. *RAMR* 2014; 2: 165-6.
 33. Rothermich MA, Buchowski JM, Bumpass DB, Patterson GA. Pulmonary cement embolization after vertebroplasty requiring pulmonary wedge resection. *Clin Orthop Relat Res* 2014; 472: 1652-7.
 34. Chebib N, Cour M, Munther JR, Argaud L. An unprecedented radiological presentation of a pulmonary cement embolism. *BMJ Case Rep* 2014; 9-10.
 35. Huh S, Lee H. Pulmonary bone cement embolism: CT angiographic evaluation with material decomposition using gemstone spectral imaging. *Korean J Radiol* 2014; 15 (4): 443-7.
 36. Toru Ü, CoGkun T, Acat M, Onaran H, Gül F. Pulmonary cement embolism following percutaneous vertebroplasty. *Case Rep Pulmonol* 2014; 2014: 3.
 37. Schummer W, Schlonski O, Breuer M. Bone cement embolism attached to central venous catheter. *Br J Anaesth* 2014; 112 (4): 672-4. <http://dx.doi.org/10.1093/bja/aet413>.
 38. Rybak-bąk M, Wolnicka M, Ziętek A, Kiszka K. Symptomatic segmental pulmonary thromboembolism secondary to acrylic embolization after vertebroplasty. *Pol Arch Med* 2015; 125 (5): 383-5. doi: 10.20452/pamw.2844.
 39. Nooh A, Abduljabbar FH, Abduljabbar AH, Jarzem P, Report C. Case report pulmonary artery cement embolism after a vertebroplasty. *Case Rep Orthop* 2015; 2015: 10-3.
 40. Ribeiro Neto ML, Lima Albuquerque M, Santos Cavalcante DB, Maltez de Almeida JR. Pulmonary cement embolism. *J Bras Pneumol* 2015; 41 (4): 395-6.
 41. Kairuz IV, Stancich MI. Embolia pulmonar por metacrilato después de vertebroplastia percutánea en una paciente con osteomalacia. *Rev Arg Reum* 2015; 26 (1): 39-43.
 42. Makary MS, Zucker IL, Sturgeon JM. Venous extravasation and polymethylmethacrylate pulmonary embolism following fluoroscopy-guided percutaneous vertebroplasty. *Acta Radiol Open* 2015; 4 (8): 1-4.
 43. Trasancos-Escura C, Pinos-Blanco A. Una causa infrecuente de embolismo pulmonar. *Arch Bronconeumol* 2015; (xx): 10-1. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arbres.2015.11.003>.
 44. Mohammad Ajlan A. Pulmonary arterial cement embolization: a rare complication of vertebroplasty. *Ann Saudi Med* 2016; 36 (3): 232-3.
 45. Focardi M, Bonelli A, Pinchi V, De Luca F, Norelli G. Pulmonary cement embolism after kyphoplasty. *J Forensic Sci* 2016; 61: 252-5.
 46. Padovani B, Kasriel O, Brunner P, Peretti-viton P. Pulmonary embolism caused by acrylic cement : a rare complication of percutaneous vertebroplasty. *Am J Neuroradiol* 1999; 20: 375-77.
 47. Chang C-Y, Huang S-F. Asymptomatic pulmonary cement embolism. *CMAJ* 2017; 189 (14):1 60579.
 48. Dinu M, Paz S, Benedicto B, Dexeus Llopis C, Frutos Samuel V. Embolismo paradójico tras una vertebroplastia percutanea analgésica en un paciente con un mieloma multiple: a proposito de un caso. *Dolor* 2018; 33: 64-67.
 49. Pérez Serrano C, Vollmer I, Perea RJ. Utilidad de la tomografía computarizada con doble energía, en el diagnóstico del tromboembolismo pulmonar por cemento posvertebroplastia: a propósito de un caso. *Arch Bronconeumol* 2017; (xx): 2896. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arbres.2017.05.008>.
 50. Yuan Z, Zhou Y, Zhou X, Liao X. Severe pulmonary embolism was secondary to cement inferior vena cava embolism after percutaneous vertebroplasty. *Ann Vasc Surg* 2018; 48: 255.e1-255.e3. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2018.01.003>.
 51. Lajas AC, Borrell CEM, Miguel-Díez J de. Embolización pulmonar de material de cementación vertebral. *Rev Patol Respir* 2017; 20 (1): 30.2.

52. Baumann A, Tauss J, Baumann G, Tomka M, Hessinger M, Tiesenhause K. Cement embolization into the Vena cava and pulmonal arteries after vertebroplasty: Interdisciplinary management. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2006; 561: 558-61. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2005.11.008>.
53. Monticelli F, Meyer HJ, Tutsch-Bauer E. Fatal pulmonary cement embolism following percutaneous vertebroplasty (PVP). *Forensic Sci Int* 2005; 149: 35-8.
54. Scroop R, Eskridge J, Britz GW. Paradoxical cerebral arterial embolization of cement during intraoperative vertebroplasty: Case report. *Am J Neuroradiol* 2002; 23: 868-70.
55. Chen HL, Wong CS, Ho ST, Chang FL, Hsu CH, Wu CT. A lethal pulmonary embolism during percutaneous vertebroplasty. *Anesth Analg* 2002; 95: 1060-2. doi: 10.1097/0000539-200210000-00049.
56. Francois K, Taeymans Y, Poffyn B, Nooten G Van. Successful management of a large pulmonary cement embolus after percutaneous vertebroplasty: A case report. *Spine* 2003; 28 (20): 424-5. doi: 10.1097/01.BRS.0000092345.00563.E0.
57. Bernhard J, Heini PF, Villiger PM. Asymptomatic diffuse pulmonary embolism caused by acrylic cement: an unusual complication of percutaneous vertebroplasty. *Ann Rheum Dis* 2003; 62: 85-86. doi: 10.1136/ard.62.1.85.
58. Frey ME. Redo kyphoplasty with vertebroplasty technique: A case report and review of the literature. *Pain Physician* 2009; 12 (2): 645-9.
59. Agko M, Nazzal M, Jamil T, Castillo-sang M, Clark P, Kasper G. Prevention of cardiopulmonary embolization of polymethylmethacrylate cement fragment after kyphoplasty with insertion of inferior vena cava filter. *J Vasc Surg* 2010; 51 (1): 210-3. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2009.07.110>.
60. Chong T, Lieu J, Alamin T, Mitra R. Pulmonary cement embolism after kyphoplasty. *Pain Pract* 2011; 11 (6): 570-73. <https://doi.org/10.1111/j.1533-2500.2011.00446.x>.
61. Kollmann D, Hoetzenecker K, Prosch H, Ankersmit HJ. Removal of a large cement embolus from the right pulmonary artery 4 years after kyphoplasty: Consideration of thrombogenicity. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2012; 143 (4): e22-24. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.01.050>.
62. Liu F, Ren H, Shen Y, Ding W, Wang L. Pulmonary embolism caused by cement leakage after percutaneous kyphoplasty: a case report. *Orthop Surg* 2012; 4: 263-65. doi: 10.1111/os.12010.
63. Matouk CC, Krings T, Brugge KG Ter, Smith R. Cement embolization of a segmental artery after percutaneous vertebroplasty: a potentially catastrophic vascular complication. *Interv Neuroradiol* 2012; 18: 358-62. doi: 10.1177/159101991201800318.
64. Gosev I, Nascimben L, Huang P, Mauri L. Right ventricular perforation and pulmonary embolism with polymethylmethacrylate cement after percutaneous kyphoplasty. *Circulation* 2013; 127: 1251-3. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.144535.
65. Audat ZA, Alfawareh MD, Darwish FT, Alomari AA. Intracardiac leakage of cement during kyphoplasty and vertebroplasty: A case report. *Am J Case Rep* 2016; 17: 326-0. doi: 10.12659/AJCR.897719.
66. Lamparello NA, Jaswani V, Desousa K, Shapiro M, Kovacs S. Percutaneous retrieval of an embolized kyphoplasty cement fragment from the pulmonary artery: A case report and literature review. *Interv Radiol* 2016; 10 (7): 40-7. doi: 10.3941/jrcrv10i7.2806.
67. Butscheidt S, Ritter J, Püschel K. Multiple pulmonary emboli of bone cement after kyphoplasty. *Dtsch Arztebl Int* 2017; 114: 756. doi: 10.3238/arztebl.2017.0756.
68. Fallon KM, Fuller JG, Morley-forster P. Fat embolization and fatal cardiac arrest during hip arthroplasty with methylmethacrylate. *Gen Anesth* 2001; 48: 626-9. doi: 10.1007/BF03016194.
69. Govil P, Kakar PN, Arora D, Das S. Bone cement implantation syndrome: a report of four cases. *Indian J Anaesth* 2009; 53 (2): 214-8.
70. Kim YJ, Lee JW, Park KW, Jeong HS. Pulmonary cement embolism after percutaneous vertebroplasty in osteoporotic vertebral compression fractures. *Radiology* 2009; 251 (1). <https://doi.org/10.1148/radiol.2511080854>.
71. Luetmer MT, Bartholmai BJ, Rad AE, Kallmes DF. Asymptomatic and unrecognized cement pulmonary embolism commonly occurs with vertebroplasty. *AJNR Am J Neuroradiol* 2011; 32: 654-57. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A2368>.
72. Mansour A, Abdel-razeq N, Abuali H, Makoseh M, Shaikhsalem N. Cement pulmonary embolism as a complication of percutaneous vertebroplasty in cancer patients. *Cancer Imaging* 2018; 18: 1-6. <https://doi.org/10.1186/s40644-018-0138-8>.
73. Venmans A, Klazen CAH, Lohle PNM, van Rooij WJ, Verhaar HJJ, Vries J de, et al. Percutaneous vertebroplasty and pulmonary cement embolism: results from VERTOS II. *AJNR Am J Neuroradiol* 2010; 31: 1451-53. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A2127>.
74. Hassani SF, Cormier E, Shotar E, Drir M, Spano J, Morardet L, et al. Intracardiac cement embolism during percutaneous vertebroplasty : incidence, risk factors and clinical management. *Eur Radiol* 2018; 1-11. <https://doi.org/10.1007/s00330-018-5647-0>.
75. Sinha N, Padegal V, Satyanarayana S, Santosh HK. Pulmonary cement embolization after vertebroplasty: A case report and literature review. *Lung India* 2015; 32 (6): 6-9. <https://doi.org/10.4103/0970-2113.168119>.