

COMPLICACIONES DE LA VERTEBROPLASTIA PERCUTÁNEA

Resumen

La vertebroplastia percutánea es ampliamente utilizada para el tratamiento del dolor debido a fracturas vertebrales de diferente origen: osteoporótico, traumático, neoplásico o en el tratamiento de hemangioma vertebral doloroso, dichas fracturas pueden llegar a disminuir la actividad y la calidad de vida de los pacientes. Entre las complicaciones reportadas se encuentran: fuga de cemento, hematoma epidural, fractura de costilla, trombo-embolismo pulmonar, toxicidad sistémica por cemento, compresión de la médula espinal, fractura vertebral adyacente, estenosis del canal espinal, entre otras.¹ El objetivo de esta revisión es describir y analizar las complicaciones más frecuentes secundarias a vertebroplastia percutánea.

Palabras clave: Vertebroplastia percutánea, columna vertebral, fractura vertebral, complicaciones.

Abstract

Percutaneous vertebroplasty is widely used for the treatment of pain due to vertebral fractures of different origin: osteoporotic, traumatic, neoplastic or in the treatment of painful vertebral hemangioma, such fractures can decrease the activity and quality of life of patients. Among the reported complications are: cement leakage, epidural hematoma, rib fracture, pulmonary embolism thrombus, systemic cement toxicity, spinal cord compression, adjacent vertebral fracture, spinal canal stenosis and others.¹ The purpose of this review is to deepen the most frequent complications secondary to percutaneous vertebroplasty, its frequency in presentation and incidence.

Keywords: Percutaneous vertebroplasty, spine, vertebral fracture, complications.

Introducción.

La vertebroplastia percutánea es un procedimiento mínimamente invasivo, el cual fue descrito por primera vez en Francia en 1987 por Galibert y Deramond como tratamiento de un hemangioma vertebral doloroso,² con buen resultado en el manejo del dolor. En 1998, Reiley desarrolló en Estados Unidos la cifoplastia. Desde entonces la técnica ha sido mejorada optimizando en términos de seguridad, mejor instrumental (cánulas, agujas guía), mayor tiempo en la polimerización del cemento y la mejor selección de los pacientes.

La vertebroplastia percutánea es ampliamente utilizada para el tratamiento del dolor debido a fracturas vertebrales de diferente origen: osteoporótico, traumático, neoplásico o en el tratamiento de hemangioma vertebral doloroso, dichas fracturas pueden llegar a disminuir la actividad y la calidad de vida de los pacientes y se ha demostrado que las fracturas osteoporóticas o metastásicas de tipo osteolítico, inducen a una progresiva cifosis dorsal, que está asociada a un incremento de la morbi-mortalidad de un 23 a un 35%, al disminuir la capacidad vital respiratoria.³

La vertebroplastia percutánea siendo un procedimiento mínimamente invasivo, puede producir complicaciones que van desde las más sencillas y de fácil control, hasta las más complicadas y de difícil control pudiendo provocar hasta el deceso del paciente. Dentro de las complicaciones citadas y reportadas en varios estudios se encuentran: fuga de cemento, hematoma epidural, fractura de costilla, trombo embolismo pulmonar, toxicidad sistémica por cemento, compresión de la médula espinal, fractura

Autores:

- Dr. Marco Antonio Narváez Tamayo *
- Dra. Andrea Rodríguez Alvestegui **

* Coordinador UNIDAD DE DOLOR. Clínica, Intervencionista y Paliativa. Hospital Obrero No 1 - Hospital Materno Infantil, Caja Nacional de Salud. La Paz-BOLIVIA.

** Médica Anestesióloga, Residente Sub-Especialidad en Medicina del Dolor. UNIDAD DE DOLOR. Clínica, Intervencionista y Paliativa. Hospital Obrero N.1 Caja Nacional de Salud La Paz - BOLIVIA.

vertebral adyacente, estenosis del canal espinal.⁴ Las complicaciones más frecuentes son la fuga de cemento con una incidencia de 38% a 73%, seguido del tromboembolismo pulmonar con una incidencia de 2.1% a 26%; sin embargo se han observado que varias de estas son asintomáticas.

Pese a la gravedad de las complicaciones, se ha demostrado que la vertebroplastia percutánea reduce significativamente el dolor. El alivio aparece horas después de la cirugía y permanece un tiempo prolongado.⁵ Actualmente el porcentaje de alivio del dolor con la vertebroplastia percutánea en la mayor parte de las revisiones publicadas, va de 73 al 97%.⁶⁻⁷ El objetivo de esta revisión es describir y analizar las complicaciones más frecuentes secundarias a vertebroplastia percutánea.

Clasificación.

De acuerdo a la revisión de los distintos artículos, no se encuentra una clasificación etiológica donde se incluyan la mayoría de las complicaciones, por lo que se plantea la siguiente clasificación de acuerdo al sitio de lesión. Estas se pueden clasificar en: 1) lesiones neurológicas, 2) lesiones vasculares y 3) lesiones sistémicas. (Tabla - 1)

No se describe la totalidad de las lesiones ya que no existen casos reportados. En muchos estudios se mencionan los mismos como probables complicaciones pero no existe un registro.

Complicaciones según el sitio de la lesión	
LESIONES NEUROLÓGICAS	- Fuga de cemento - Fracturas adyacentes - Compresión espinal
LESIONES VASCULARES	- Hematoma peridural e intratecal - Isquemia transitoria - Vaso espasmo - Congestión vascular - Lesión venosa por aguja - Sangrado venoso
LESIONES SISTÉMICAS	- Síndrome post cementoplastia - Tromboembolismo pulmonar - Tromboembolismo periférico - Taponamiento cardiaco - Perforación cardiaca - Hipotensión arterial transitoria - Embolismo cerebral - Toxicidad sistémica por cemento - Embolia grasa - Infección - Sangrado

TABLA 1: Complicaciones según sitio de lesión

LESIONES NEUROLÓGICAS

Fuga de cemento. Es considerada una complicación grave de la vertebroplastia percutánea, sin embargo cuando es mínima no produce mayor clínica.⁸⁻⁹ Según reporta la literatura la fuga de cemento tiene una incidencia que varía ampliamente del 38% al 73% de pacientes con lesiones malignas y en un 30-65% de los pacientes con lesiones vertebrales osteoporóticas. El cemento puede filtrarse en una gran variedad de compartimentos anatómicos, incluidos la vía de la aguja, el tejido blando pre-vertebral en un 6% -52.5% de los pacientes, en el canal espinal hasta un 37.5% de los pacientes, en el disco intervertebral del 5%-25%, en las venas pre-vertebrales en el 5% -16.6% y en las venas epidurales el 16.5% de los pacientes. La fuga es más frecuente en el tratamiento de lesiones malignas, debido a la posible destrucción de la corteza del cuerpo vertebral y una mayor vascularización.¹⁰

Las posibles causas que afectan la fuga de cemento incluyen defectos corticales, mala ubicación del objetivo de la aguja de punción, inserción repetida de la aguja de punción, cantidad de inyección de cemento, así como la viscosidad del cemento óseo y la presión de la inyección.¹¹ Una fuga de cemento sintomática grave ocurre localmente, produciendo irritación de la raíz nerviosa (que resulta en radiculopatía) o compresión del cordón (que resulta en mielopatía). La irritación de la raíz nerviosa puede ser transitoria y tratable. Sin embargo, el dolor persistente puede requerir la extirpación quirúrgica del cemento. La compresión del cordón puede provocar paresia o parálisis. Las fugas locales sustanciales de cemento también pueden provocar una exacerbación local del dolor. Con cualquier empeoramiento de la situación clínica, se debe obtener una tomografía computarizada para evaluar el tamaño y la ubicación de una sospecha de fuga de cemento. Un déficit neurológico debe desencadenar una consulta neuro-quirúrgica inmediata.¹²

La colocación precisa de la aguja, la inyección lenta de cemento con fluoroscopia de buena calidad, el reconocimiento temprano de fugas de cemento y la liberación de la presión de la jeringa pueden ayudar a disminuir el riesgo de fugas de cemento.¹³ Chotivichit Et. al muestran un estudio de 325 pacientes sometidos a vertebroplastia, de los cuales 70 pacientes presentan fuga de cemento; en el 42,8% (30) la fuga fue en el disco intervertebral, 31,4% (22) en tejidos blandos, 5,7% (4) en venas

paravertebrales y 20% (14) en el canal espinal. Entre otros 2 pacientes desarrollaron fracturas adyacentes a la placa terminal debido a fuga de cemento, que requirieron vertebroplastia (a los 3 meses y 8 meses). Cuatro de 14 fugas al canal espinal fueron sintomáticas (28,6%).¹³⁻¹⁴

Fracturas secundarias, fracturas vertebrales. Se ha observado una nueva fractura vertebral después de la vertebroplastia percutánea en pacientes con osteoporosis. Uppin et al informaron que dos tercios de las nuevas fracturas ocurren en las vértebras adyacentes a las tratadas previamente.¹⁵ Wasnich et al, explicaron que la razón de las nuevas fracturas probablemente se debe a que la deformidad y la cifosis, varían los vectores de las fuerzas que estaban en acción en toda la columna después de una fractura por compresión vertebral. Después de que el cuerpo vertebral de la fractura se solidificó con cemento óseo, la dinámica de carga redistribuye la fuerza al cuerpo vertebral adyacente a la fractura original.¹⁶

Ma y col. analizaron 24 estudios observacionales con 3789 pacientes y encontraron pruebas sólidas de tres factores de riesgo asociados con nuevas fracturas vertebrales, incluida la fuga intradiscal de cemento, una menor densidad mineral ósea y un índice de masa corporal más bajo.¹⁷

Fracturas de pedículo. Existe mayor riesgo de fractura pedicular con la cifoplastia por el calibre de la cánula número 8, sin embargo no se descarta dicha complicación en la vertebroplastia percutánea con el uso de las cánulas número 11 o 13; en ambos casos existe riesgo de conducir a la compresión espinal.¹⁸

El trauma del pedículo puede causar compresión al producir un hematoma epidural o al proporcionar un conducto para que el cemento óseo ingrese al canal espinal. Una herramienta de acceso común utilizada en un procedimiento de vertebroplastia es una aguja espinal de calibre 11. Debido a que esta herramienta tiene un diámetro tan pequeño, causa muy poco trauma en los tejidos blandos y/o huesos y puede insertarse a través de vías de acceso más pequeñas, como a través de los pedículos en los cuerpos vertebrales de las regiones cervical y lumbar superior de la columna vertebral.¹⁹

Compresión espinal. Nussbaum et al, reporta que la cifoplastia se asocia con la mayor cantidad de complicaciones de la compresión espinal que requieren descompresión quirúrgica para prevenir

parálisis permanente. En el 2002 se han realizado 16,000 cifoplastias donde 6 pacientes sufrieron lesiones permanentes, incluidos parálisis motora y sensorial por debajo del ombligo, radiculopatía y debilidad en las piernas con pérdida de la flexión de la cadera y extensión de rodilla.²⁰

LESIONES VASCULARES

Recordando que el plexo venoso vertebral se divide clásicamente en un plexo vertebral interno (intradural) mismo que posee un componente anterior y posterior y un plexo vertebral externo (o epidural). En relación a los cuerpos vertebrales, el sistema vertebral basilar, está dispuesto horizontalmente en el medio del cuerpo vertebral y forma una rejilla venosa a gran escala en la que las venas verticales del cuerpo vertebral fluyen desde arriba y abajo. El sistema colector subarticular es otro plexo importante formado por venas tributarias verticales de gran calibre, que se vuelven abruptamente para correr horizontalmente, paralelas a las placas terminales vertebrales, y finalmente drenan hacia atrás en el plexo venoso epidural.²¹

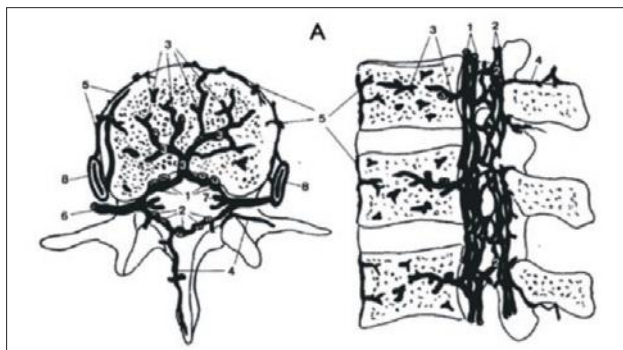


FIGURA 1: Extraída del Global spine journal, esquema que muestra plexo venoso vertebral.

Hematoma subdural. Se ha observado que los hematomas se han asociado con eventos traumáticos menores o algún trastorno de coagulación predisponente. La fisiopatología exacta del hematoma subdural aún no se conoce, sin embargo, estudios anteriores han demostrado la asociación de episodios repentinos de aumento de la presión intraabdominal o intratorácica (como tos o esfuerzo) sugiriendo la presencia de un llamado "locus minoris resistentiae" un lugar de menor resistencia en el sistema venoso vascular entre el plexo venoso vertebral interno y externo, que, cuando se somete a presiones excesivas debido a la congestión venosa, posiblemente se rompería, lo que finalmente llevaría a la extravasación de sangre al espacio subdural.²²⁻³ Matteiet al, reportaron otra etiología que sugiere congestión venosa relacionada con la obstrucción por cemento del

plexo venoso vertebral responsable del drenaje venoso del cuerpo vertebral, como consecuencia hay déficit neurológico. La presencia de aire en el espacio subdural también respalda la hipótesis de un colapso en el sistema venoso que generó una presión diferencial con los espacios circundantes debido a su presión intraluminal negativa, lo que finalmente condujo a la acumulación focal de aire en el espacio subdural.²³

El manejo es controversial por lo que muchos autores sugieren descompresión por intervención quirúrgica.²⁴

Hematoma peridural. El hematoma epidural puede ser causado por trauma del plexo venoso epidural durante el procedimiento quirúrgico. Una de las causas es la ruptura de los pedículos de las vértebras lo que podría causar el hematoma. Antes o después de la inyección de cemento, el cuerpo de la vértebra podría romperse debido a la presión de la aguja y el cemento y podría comenzar un sangrado.

Asimismo cuando un paciente se moviliza después del procedimiento, se pueden romper pequeños pedazos de hueso, ya que la distribución de la carga sagital puede cambiar debido a la colocación y la cantidad de cemento. Otras causas posibles son los cambios degenerativos en el cuerpo vertebral y la terapia anticoagulante.²⁵

Lesión venosa por aguja. Chotivichit et.al, reporta un caso clínico donde se desarrolló déficit neurológico grave en extremidad inferior derecha después de una vertebroplastia percutánea en L1; complicación debida a una lesión venosa accidental por una aguja que causó un hematoma intradural y subaracnoideo. El paciente fue sometido a la extirpación quirúrgica del coágulo.²⁶

Hematoma subcutáneo. El sangrado venoso después de la vertebroplastia percutánea puede ser sustancial a lo largo de los tractos de aguja (después de la extracción de la aguja); sin embargo, la presión local durante 3 a 5 minutos minimizará el hematoma subcutáneo y la sensibilidad local después del procedimiento. El abordaje transpedicular sitio de entrada de la aguja en el hueso a lo largo de la cara dorsal el cual se convierte en una posición fácilmente comprimida. La presión local de la piel ayuda a controlar el sangrado local. Los abordajes parapedicular y posterolateral colocan el sitio de entrada de la aguja más lateralmente y pueden hacer que la hemostasia con presión local sea más problemática.²⁷

LESIONES SISTÉMICAS

Tromboembolismo. Dentro de las complicaciones sistémicas por embolismo, podemos citar la embolia cerebral paradójica, la embolia de la arteria renal, el taponamiento cardíaco y el tromboembolismo pulmonar; complicaciones raras y potencialmente mortales reportadas en la literatura. Los posibles mecanismos que producen embolia son: 1) polimerización insuficiente del polimetil-metacrilato (cemento) en el momento de la inyección 2) posición de la aguja con respecto a la vena vertebral basilar 3) el sobrellenado del cuerpo vertebral, lo que facilita la migración del cemento al sistema venoso.²⁸

Tromboembolismo pulmonar. Dentro de la literatura revisada se observa que la incidencia de la embolia pulmonar por cemento después de la vertebroplastia percutánea varía entre 2.1% a 26%.²⁹ Este porcentaje tiene una gran variación debido a la técnica de imagen utilizada y si el estudio es prospectivo o retrospectivo. En pacientes sanos, los pulmones toleran émbolos pequeños sin síntomas; sin embargo, una fuga de cemento grande puede causar un infarto pulmonar, todo esto está directamente relacionado con la frecuencia de fuga venosa paravertebral, y no así con la cantidad de cuerpos vertebrales tratados.³⁰

Una vez instalado el cuadro, las características clínicas de TEP por fuga de cemento en la vertebroplastia percutánea incluyen: dolor precordial, opresión, disnea, cianosis, palpitación, síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA). La fuga de cemento en el sistema perivertebral y la vena cava inferior puede derivar hacia el corazón derecho y el sistema arterial pulmonar con resultados catastróficos como paro cardiopulmonar, lesión renal aguda, embolia paradójica a través de un agujero oval permeable y muerte.

En el trabajo de Padovani et al. Indica que existe riesgo de embolia pulmonar tanto con la vertebroplastia como con la cifoplastia, pero la tasa exacta es incierta porque los pacientes no son examinados de forma rutinaria para detectar embolia por cemento.³¹

Taponamiento cardíaco. En algunos estudios se ha reportado que incluso los émbolos pequeños pueden ser letales si se alojan en la aurícula o el ventrículo derecho y causan perforación cardíaca y taponamiento cardíaco en lugar de viajar a la circulación pulmonar. Émbolos de cemento de tan

solo 10–20 mm de largo, han sido informados, que causan taponamiento cardíaco y los 20 mm pueden llegar a causar perforaciones del ventrículo derecho. Si el cemento que llega al ventrículo derecho es demasiado largo y rígido para entrar en la arteria pulmonar, puede permanecer en el corazón. La perforación cardíaca es una complicación extremadamente rara de la vertebroplastia, sin embargo, algunos casos, han sido reportados en la literatura.

Stefano et.al reportaron un caso clínico de perforación cardíaca mortal en la embolia de cemento filtrado después de la vertebroplastia percutánea. Donde se observa que mientras todavía estaba en un estado semilíquido, el cemento óseo migró a la aurícula derecha a través del sistema venoso y el cemento se solidificó en las cámaras cardíacas, lo que resultó en la formación de múltiples cuerpos extraños blanquecinos en forma de cuerdas. Uno de ellos perforó la aurícula derecha, otros pasaron a través de la válvula tricúspide en el ventrículo derecho y luego en las arterias pulmonares.³²

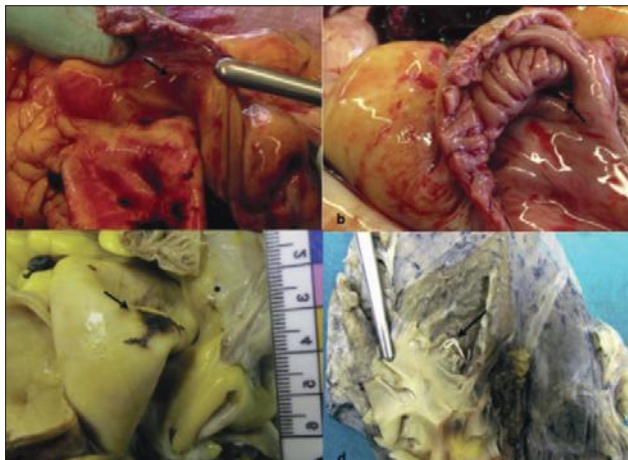


FIGURA 2: Obtenida del Journal of Forensic and Legal Medicine 63 (2019) 48–51; donde muestran múltiples perforaciones en aurícula derecha.

Embolia grasa. Se ha evidenciado que el material de polimetil-metacrilato en las vertebroplastia percutánea puede producir complicaciones graves como embolia grasa liberada durante un procedimiento, probablemente este riesgo aumente con el número de niveles vertebrales tratados.³³

Infecciones. La incidencia de infección postoperatoria es baja³⁴; con solo un caso reportado en la literatura. Al igual que con cualquier dispositivo implantado quirúrgicamente (en este caso, cemento óseo) o procedimientos intervencionistas, se recomienda administrar antibióticos intravenosos inmediatamente antes de la vertebroplastia percutánea. Una opción es 1 g de cefazolina.³⁵

Conclusiones.

Si bien la vertebroplastia percutánea es un procedimiento mínimamente invasivo, no debemos menospreciar la gravedad de las complicaciones, las cuales nos pueden llevar al deceso de los pacientes. Según las revisiones; la complicación más frecuente es la fuga de cemento a diferentes estructuras, seguida del tromboembolismo pulmonar, sin embargo cabe mencionar que muchas de estas complicaciones pasan desapercibidas porque son asintomáticas y porque no se realiza, de manera rutinaria exámenes complementarios como tomografías para el hallazgo de las mismas. El resto de complicaciones son muy raras, con muy baja incidencia (1%), existen entre uno a cuatro reportes de casos clínicos que indican la existencia de dichas complicaciones, sin embargo es absolutamente necesario conocerlas, para estar alerta y preparados para tratarlas y disminuir lesiones neurológicas tanto motoras como sensitivas. Como se recomienda en los distintos estudios se debe realizar una técnica meticulosa para evitar complicaciones.

A pesar de las múltiples complicaciones se ha demostrado que la vertebroplastia percutánea es muy eficaz para el alivio del dolor en los pacientes que sufren de fracturas vertebrales ya sean por osteoporosis, metastásis o traumáticas.

REFERENCIAS

1. Al-Nakshabandi N. Percutaneous vertebroplasty complications. *Ann Saudi Med.* 2011;31(3):294-297.
2. Chotivichit A et al. Complications in vertebroplasty. *J Med Assoc Thai.* 2012;vol.95,suppl.9:s1-s6.
3. Nussbaum DA, Gailloud P, Murphy K. A review of complications associated with vertebroplasty and kyphoplasty as reported to the food and drug administration medical device related web site. *J vasculat radiol.* 2004;15:1185-1192.
4. Zhao J et al. Percutaneous vertebroplasty with granulated allogenic bone grafting using screw-view model of navigation for thoracolumbar compressive fracture. *Medicine.* 2019;98:20.
5. Cheng et al. Percutaneous vertebroplasty vs balloon kyphoplasty in the treatment of newly onset osteoporotic vertebral compression fractures: A retrospective cohort study. *Medicine.* 2019;98:10.
6. Saracen A, Kotwica Z. Complications of percutaneous vertebroplasty: An analysis of 1100 procedures performed in 616 patients. *Medicine.* 2016; 95:24.
7. Rahimi et al. Cement pulmonary embolism after percutaneous vertebroplasty in a patient with Cushing's syndrome: A case report. *Respiratory Medicine Case Report.* 2018;25:78-85.
8. Mansoorinasab M, Abdolhoseinpour H. A review and update of vertebral fractures due to metastatic tumors of various sites to the spine: Percutaneous vertebroplasty. *Interventional Medicine & Applied Science.* 2018;vol.10(1):1-6.

9. Cotten et al. Percutaneous vertebroplasty for osteolytic metastases and mieloma: Effects of the percentage of lesión filling and the leakage of methyl methacrylate at clinical follow-up. *Radiology*. 1996;200: 525-530.
10. Zhang et al. Bracing after percutaneous vertebroplasty for thoracolumbar osteoporotic fractures was not effective. *Clinical Interventions in Aging*. 2019;14:265-270.
11. Mauri et al. Safety and results of image-guided vertebroplasty with elastomeric polymer material (elastoplasty). *European Radiology Experimental*. 2018;2:31.
12. Patel et al. Neurologic Deficit Following Percutaneous Vertebral Stabilization. *Spine*. 2007;32(16):1728-1734.
13. Gaughen J et al. Relevance of antecedent venography in percutaneous vertebroplasty for the treatment of osteoporotic compression fractures. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2002;23:594-600.
14. Xie L. et al. Efficacy and complications of 125 Iseeds combined with percutaneous vertebroplasty for metastatic spinal tumors: A literatura review. *Asian Journal of Surgery*. 2019;12:1-7.
15. Shi G. et al. A case of multilevel percutaneous vertebroplasty for vertebral metastasis resulting in temporary paraparesis. *Journal of International Medical Research*. 2019;0:1-5.
16. D'Errico S, Niballi S, Bonuccelli. Fatal cardiac perforation and pulmonary embolism of leaked cement after percutaneous vertebroplasty. *Journal of Forensic and Legal Medicine*. 2019;63:48-51.
17. Bernhard J et al. Asymptomatic diffuse pulmonary embolism caused by acrylic cement: an unusual complication of percutaneous vertebroplasty. *Ann Rheum Dis*. 2003;62:86-87.
18. Lim S.H et al. Multiple cardiac perforations and pulmonary embolism caused by cement leakage after percutaneous vertebroplasty. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*. 2008;33:509—511.
19. Mattei et al. Acute Spinal Subdural Hematoma after Vertebroplasty: A Case Report Emphasizing the Possible Etiologic Role of Venous Congestion. *Global Spine Journal*. 2015;5:42-58.
20. Yaltrık C.E et al. Thoracic epidural hematoma complicating vertebroplasty. *Am J Case Rep*. 2017;18:1229-1232
21. Narváez M, Claros N et al. Vertebroplastia Percutánea como tratamiento de la Fractura Vertebral. *Revista Latinoamericana de Intervencionismo en Dolor*. 2019;2:23-30.
22. Borensztein M et al. Analysis of risk factors for new vertebral fracture after percutaneous vertebroplasty. *Global Spine Journal*. 2018;8(5):446-452.
23. Bauer M et al. Dyspnoea due to foreign embolism after percutaneous vertebroplasty. *Dtsch Med Wochenschr*. 2019;144(15):1069-1073.
24. Fang et al. Management and outcomes of spinal epidural hematoma during vertebroplasty. *Medicine*. 2018;97:21.
25. Carrino JA, Chan R, Vaccaro AR. Vertebral augmentation: vertebroplasty and kyphoplasty. *Semin Roentgenol* 2004;39:68-84
26. Cotten A, Dewatre F, Cortet B, et al: Percutaneous vertebroplasty for osteolytic metastases and mieloma: effects of the percentage of lesión filling and leakage of methyl methacrylate at clinical follow-up. *Radiology* 1996;200:525-530
27. Arregui R, Martínez Quinones JV. Fracturas dorso lumbares por flexo compresión. Nuevas estrategias terapéuticas. IV Congreso Español de Neurotrauma. Tenerife 17-19 Febrero 2004
28. Agris JM, Zoarski GH, Stallmeyer MJ, Ortiz O. Intervertebral pressure during vertebroplasty: a study comparing multiple delivery systems. Presented at the annual meeting of the American Society of Spine Radiology, Scottsdale, AZ, 2003;pp:19-23
29. Peh WC, Gilula La, Peck DD. Percutaneous vertebroplasty for severe osteoporotic vertebral body compression fractures. *Radiology* 2002; 223(1): 121-6.
30. Gangi A, Guth S, Imbert JP, Marin H, Dietschmann JL. Percutaneous vertebroplasty: indications, technique, and results. *Radiographics* 2003; 23(2): e10.
31. Barr JD, Barr MS, Lemley TJ, McCann RM. Percutaneous vertebroplasty for pain relief and spinal stabilization. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000; 25(8): 923-8.
32. XIth International Congress of Head and Neck Radiology, XVIIth Congress of the European Society of Neuroradiology, 1st Congress of the World Federation of Interventional and Therapeutic Neuroradiology. October 6-13, 1991, Zurich, Switzerland. *Neuroradiology*. 1991; 33 Suppl: S177-S78.
33. Martínez-Quinones J, Hernández-Sánchez G. La vertebroplastia percutánea: Técnica y resultados preliminares en 25 procedimientos. *Neurocirugía* 2003; 14(4): 323-32.
34. Belkoff SM, Mathis JM, Fenton DC, Scribner RM, Reiley ME, Talmadge K. An ex vivo biomechanical evaluation of an inflatable bone tamp used in the treatment of compression fracture. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001; 26(2): 151-6
35. Lee MJ, Dumonski M, Cahill P, et al, Percutaneous treatment of vertebral compression fractures: a meta-analysis of complications. *Spine (Phila Pa 1976)* 2009;34(11):1228-32