

# Lesión dural asociada a fracturas de charnela toracolumbar y lumbares con compromiso del muro posterior. Relación con las variables del sistema de clasificación AOSpine

Guillermo A. Ricciardi, Ignacio G. Garfinkel, Gabriel G. Carrioli, Daniel O. Ricciardi

Equipo de Columna, Centro Médico Integral "Fitz Roy", Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

## RESUMEN

**Introducción:** Las lesiones del saco dural con atrapamiento de la cauda equina entre los fragmentos óseos pueden estar asociadas con fracturas toracolumbares. **Objetivo:** Realizar un análisis retrospectivo de las variables clínico-radiográficas y el sistema de clasificación AOSpine y la posibilidad de lesión dural asociada en una serie de fracturas toracolumbares por estallido, tratadas en nuestro Centro. **Materiales y Métodos:** Estudio retrospectivo, observacional de una serie de pacientes con fracturas toracolumbares con compromiso del muro posterior operados en nuestra institución, entre enero de 2012 y diciembre de 2017. **Resultados:** Se incluyeron 46 pacientes, 16 casos con lesión del saco dural asociada. Las variables porcentaje de ocupación del canal, distancia interpedicular, ángulo del fragmento repulsado y déficit neurológico asociado mostraron diferencias estadísticamente significativas según la comparación en función de la presencia o ausencia de lesión dural ( $p = 0,046$ ,  $p = 0,007$ ,  $p = 0,046$  y  $p = 0,004$ , respectivamente). **Conclusiones:** Según nuestros resultados, la lesión dural traumática podría ser contemplada en la planificación del tratamiento de fracturas toracolumbares ante fragmentos voluminosos del muro posterior con ángulo agudo, compromiso severo del canal raquídeo, distancia interpedicular elevada y daño neurológico asociado, tal como se propone en la bibliografía.

**Palabras clave:** Fractura toracolumbar; lesión dural; planificación preoperatoria.

**Nivel de Evidencia:** IV

## Thecal sac injury secondary to burst fractures of the thoracolumbar and lumbar spine, and its association with the AOSpine Classification System variables

## ABSTRACT

**Introduction:** Fractures of the thoracolumbar spine can trigger thecal sac injuries due to the impingement of the cauda equina between bone fragments. **Objective:** To carry out a retrospective analysis of clinical and radiological variables, the AOSpine Classification System and the possibility of secondary thecal sac injury in a series of thoracolumbar burst fractures treated at our center. **Materials and Methods:** A retrospective, observational study of a series of patients with thoracolumbar fractures with compromise of the posterior vertebral body wall, who underwent surgery at our center between January 2012 and December 2017. **Results:** Forty-six patients were included, 16 of which had secondary thecal sac injury. The differences in the variables—percentage of spinal canal involvement, interpedicular distance, angle of the repulsed fragment, neurological deficit and type C fractures—were statistically significant according to the comparison made with the presence or absence of thecal sac injury ( $p=0.046$ ,  $p=0.007$ ,  $p=0.046$ ,  $p=0.004$ ,  $p=0.001$  respectively). **Conclusions:** This study suggests that traumatic thecal sac injury could be suspected when managing burst fractures with prominent fragments in the posterior vertebral body wall, acute angle of the repulsed fragment, severe compression of the spinal canal, wide interpedicular distance, neurological deficit and fracture displacement (fracture type C according to the AOSpine Classification System).

**Key words:** Thoracolumbar fractures; thecal sac injury; preoperative planning.

**Level of Evidence:** IV

Recibido el 5-12-2018. Aceptado luego de la evaluación el 2-2-2019 • Dr. GUILLERMO A. RICCIARDI • guillermoricciardi@gmail.com 

**Cómo citar este artículo:** Ricciardi GA, Garfinkel IG, Carrioli GG, Ricciardi DO. Lesión dural asociada a fracturas de charnela toracolumbar y lumbares con compromiso del muro posterior. Relación con las variables del sistema de clasificación AOSpine. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2019;84(3):216-223. <http://dx.doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2019.84.3.926>

## INTRODUCCIÓN

Las lesiones del saco dural con atrapamiento de la cauda equina entre los fragmentos óseos pueden estar asociadas a fracturas toracolumbares.<sup>1</sup> Su desarrollo se ha relacionado con la compresión, durante la retropulsión, de fragmentos del muro posterior y la fractura de la lámina. Las fracturas de lámina pueden ser completas o incompletas.<sup>2</sup>

Según series publicadas, el porcentaje de lesiones durales asociadas a fracturas toracolumbares oscila entre el 18% y el 25%.<sup>3,4</sup>

La importancia de las lesiones durales asociadas radica en las complicaciones que devienen por su cierre deficiente o por no advertirlas, como seudomeningocele, fístula durocutánea, infecciones del sistema nervioso central (meningitis, aracnoiditis, absceso epidural), complicaciones con la cicatrización de la herida y cefalea persistente.<sup>5-10</sup>

La sospecha clínica en las evaluaciones preoperatorias permite al cirujano espinal planificar la cirugía e incluir, en su estrategia, la reparación dural y así disponer de los elementos necesarios para su cierre (instrumental de microcirugía, lupas, microscopio, parches o adhesivos durales). Sin embargo, puede ser difícil llegar al diagnóstico antes de la cirugía. Se ha propuesto el papel de la mielografía para valorar lesiones durales, pero como es una técnica invasiva que conlleva riesgo de complicaciones neurológicas no es de uso habitual en el paciente politraumatizado.<sup>11-13</sup>

Diversos estudios han estimado el valor predictivo de los hallazgos en la resonancia magnética (RM) y la tomografía computarizada (TC) para el diagnóstico presuntivo de lesiones de saco asociadas a fracturas toracolumbares.<sup>14</sup> Según Lee y cols., las lesiones durales son posibles cuando hay hallazgos de fractura de lámina, la distancia interpedicular es >28 mm, el radio del canal central es de 0,46 y el ángulo agudo del segmento de retropulsado es de 135°. <sup>15</sup> Yoshiwa y cols. describen el “cauda equina notch sign” como un signo predecible de atrapamiento de la cauda equina en fracturas de lámina en tallo verde y el tamaño del fragmento del muro retropulsado.<sup>16</sup>

Aydin y cols. comunicaron que, en la TC y la RM, las señales de la almohadilla adiposa posterior desaparecieron en los cortes axiales cuando había una fractura de lámina en tallo verde y atrapamiento de la raíz nerviosa.<sup>17</sup> Entre las variables clínicas, el déficit neurológico asociado se relaciona, a menudo, con lesiones durales concomitantes.<sup>18</sup>

En la actualidad, para evaluar fracturas vertebrales, contamos con el sistema de clasificación de lesiones de columna toracolumbar AOSpine (clasificación AOSpine), que es el más difundido en la práctica clínica. El sistema de clasificación propuesto por Vaccaro comprende la valoración de la morfología (A, B, C), el estado neurológico (N) y modificadores clínicos (M).<sup>19</sup> No se hallaron publicaciones que relacionen el compromiso del complejo ligamentario posterior y el desplazamiento con la lesión dural.

Por lo expuesto, consideramos incluir la valoración del riesgo de una lesión dural asociada en el abordaje de las fracturas toracolumbares por estallido y planteamos la siguiente pregunta de investigación: ¿existe relación entre las variables clínico-radiográficas incluidas en la planificación del tratamiento de fracturas toracolumbares (estado neurológico, exámenes complementarios y clasificación de la lesión) con compromiso del muro posterior (A3 y A4 según la clasificación AOSpine) y la lesión dural?

En función de esta pregunta, planteamos la siguiente hipótesis: las lesiones traumáticas del saco dural en las fracturas de charnela toracolumbar y lumbares con compromiso del muro posterior pueden asociarse a signos radiográficos y clínicos evaluables durante la planificación quirúrgica.

El objetivo de este estudio fue realizar un análisis retrospectivo de las variables clínico-radiográficas y el sistema de clasificación AOSpine y la posibilidad de lesión dural asociada en una serie de fracturas por estallido de charnela toracolumbar y lumbares tratadas en nuestro Centro.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio retrospectivo, analítico, observacional de una serie de pacientes con fracturas de charnela toracolumbar y lumbares con compromiso del muro posterior (A3, A4 según la clasificación AOSpine) operados en nuestra institución, entre enero de 2012 y diciembre de 2017.

Los criterios de inclusión fueron: adultos de ambos sexos, de 18 a 65 años de edad, con fracturas vertebrales entre T12 y L5, sometidos a descompresión y artrodesis toracolumbar. Los criterios de exclusión fueron: 1) fracturas patológicas, 2) fracturas por osteoporosis, 3) fracturas sin compromiso del muro posterior (A1 y A2 según la clasificación AOSpine) y 4) fracturas B1 y B3 según la clasificación AOSpine.

Se obtuvieron datos de las historias clínicas y estudios complementarios sobre las siguientes variables de estudio.

## Variables independientes

- Edad.
- Sexo.
- Nivel de la lesión (de T12 a L5).
- Fractura de lámina (valorada en cortes axiales de TC).
- Distancia interpedicular (distancia más amplia medida en milímetros entre ambos pedículos de la vértebra fracturada en el corte axial de TC) (Figura 1).
- Porcentaje de ocupación del canal raquídeo: medido en cortes axiales de TC, considerando como referencia el promedio del área entre el canal un nivel por arriba y otro por debajo del nivel lesionado y calculando el porcentaje de ocupación del nivel comprometido (Figura 2).
- Ángulo del fragmento retropulsado: medido en cortes sagitales de TC o RM como vértice, el punto del fragmento que impronta sobre el saco y el ángulo que conforman sus límites (Figura 3).
- “Cauda equina notch sign”: en cortes axiales de RM, según lo descrito por Yoshiiwa y cols.<sup>16</sup>
- Signo de la almohadilla grasa (“fat pad sign”): en cortes axiales de RM, según lo descrito por Aydnl y cols.<sup>16</sup>
- Examen neurológico: utilizando la variable N de la clasificación AOSpine.<sup>19</sup>
- Clasificación AOSpine.<sup>19</sup>

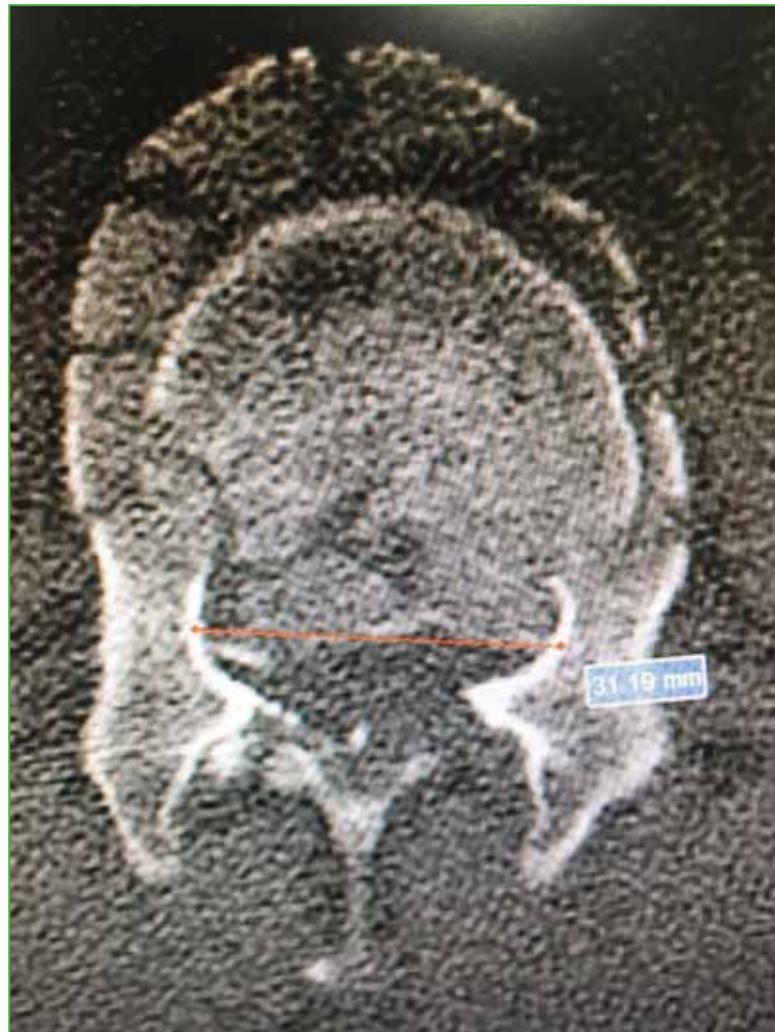


Figura 1. Tomografía computarizada, corte axial. Distancia interpedicular.



**Figura 2.** Tomografía computarizada, corte axial. Porcentaje de ocupación del canal raquídeo.



**Figura 3.** Resonancia magnética, corte sagital. Ángulo del fragmento retro pulsado.

## Variable dependiente

- Lesión del saco dural: según la valoración intraoperatoria durante la descompresión.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables categóricas se expresan en número y frecuencia relativa porcentual, y se analizaron con la prueba de ji al cuadrado o la prueba de Fisher. Las variables interválicas se describen con la media y su medida de dispersión (desviación estándar). Para la comparación de variables continuas se utilizaron la prueba t de Student o la prueba del orden de Wilcoxon, de acuerdo con la distribución expresada. Se consideró estadísticamente significativo un valor  $p < 0,05$ . Para el análisis se utilizó el programa SPSS Statics 25.

## RESULTADOS

Entre enero de 2012 y diciembre de 2017, 75 pacientes con fractura vertebral toracolumbar fueron sometidos a cirugía. Según los criterios de inclusión y exclusión, la población final del estudio incluyó 46 pacientes (5 mujeres y 41 hombres) con fracturas toracolumbares que comprometían el muro posterior vertebral. De acuerdo con la clasificación AOSpine, 27 eran de tipo A; 9, de tipo B y 10, de tipo C. Diez eran fracturas de T12; 18, de L1; 8, de L2; 5, de L3; 4, de L4 y una, de L5. Se observaron 16 casos de lesiones durales asociadas (35%). En la comparación de variables, se agruparon los niveles vertebrales en dos grupos: charnela toracolumbar (T12, L1 y L2) y columna lumbar baja (L3, L4 y L5) considerando la solicitud biomecánica y las características anatómicas comunes y para permitir su comparación como variable categórica. En la [Tabla](#), se describe la población del estudio y los resultados de la comparación de las variables independientes en función de la presencia o ausencia de lesión del saco dural.

No se hallaron diferencias significativas entre las variables edad, sexo, nivel de la lesión y la lesión del saco dural asociada.

Según la clasificación AOSpine, el 80% de las lesiones de tipo C (8 de 10 pacientes) presentaron lesión dural asociada frente al resto de los subtipos, con una diferencia estadísticamente significativa en la comparación ( $p = 0,001$ ) ([Tabla](#)).

Se diagnosticó fractura de lámina en el 75% (12 de 16 casos) de los pacientes con lesión dural; sin embargo, en nuestra serie, no obtuvimos diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0,065$ ).

Las variables porcentaje de ocupación del canal, distancia interpedicular, ángulo del fragmento retropulsado y déficit neurológico asociado mostraron diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la comparación en función de la presencia o ausencia de lesiones durales ( $p = 0,046$ ,  $p = 0,007$ ,  $p = 0,046$  y  $p = 0,004$ , respectivamente).

Las variables signo de la almohadilla grasa y “cauda equina notch sign” no fueron consideradas en la comparación, porque se presentan en casos de fracturas de lámina incompleta y, en nuestra serie, todas las fracturas de lámina fueron completas.

## DISCUSIÓN

La presencia de una lesión traumática del saco dural asociada a fracturas vertebrales toracolumbares varía, según las series publicadas, entre el 18% y el 36%.<sup>20</sup> En nuestra serie, fue del 35%, lo que coincide con la prevalencia mencionada.

En 1980, Miller y cols. describen la asociación entre fractura toracolumbar con fractura de lámina y lesión dural por atrapamiento del saco radicular entre los fragmentos de la lámina.<sup>1</sup> A partir de un estudio descriptivo, Pau y cols. sugirieron valorar la distancia interpedicular y la fractura de lámina asociada en parámetros radiográficos relacionados con el compromiso del canal raquídeo.<sup>21</sup> Posteriormente, Kahamba y cols. describen la asociación significativa entre el compromiso neurológico asociado, la lesión de elementos posteriores y la lesión dural traumática.<sup>22</sup>

Lee y cols. analizaron imágenes de RM de 21 pacientes con fracturas vertebrales y lesión dural confirmada quirúrgicamente y 33 pacientes sin lesión dural asociada. Concluyeron en que el especialista en imágenes debería sugerir el riesgo elevado de lesión dural ante el compromiso de más de la mitad del canal raquídeo, fragmentos en retropulsión de ángulo agudo, fracturas inestables de lámina asociada y distancia interpedicular amplia en el nivel de la vértebra fracturada.<sup>15</sup>

Park y cols. comunicaron resultados similares con las mismas variables, jerarquizando adicionalmente el daño neurológico asociado.<sup>14</sup>

**Tabla.** Variables independientes en función de la lesión del saco dural

| Variables                            | Total<br>n = 46 | Sin lesión del saco dural<br>n = 30 | Con lesión del saco dural<br>n = 16 | p            |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| Edad                                 |                 |                                     |                                     |              |
| Media                                | 39              | 39                                  | 39                                  | 0,889        |
| Desviación estándar                  | 13              | 13                                  | 14                                  |              |
| Sexo, n (%)                          |                 |                                     |                                     |              |
| Femenino                             | 5 (11)          | 5 (17%)                             | 0 (0)                               | 0,084        |
| Masculino                            | 41 (89)         | 25 (83%)                            | 16 (100)                            |              |
| Nivel, n (%)                         |                 |                                     |                                     |              |
| Charnela toracolumbar:<br>T12-L2     | 36 (78,3)       | 24 (80)                             | (75)                                | 0,695        |
| Lumbar baja: L3-L5                   | 10 (21,7)       | 6 (20)                              | 4 (25)                              |              |
| AOSpine, n (%)                       |                 |                                     |                                     |              |
| A                                    | 27 (59)         | 22 (73)                             | 5 (31)                              | <b>0,006</b> |
| B                                    | 9 (19)          | 6 (20)                              | 3 (19)                              | 0,919        |
| C                                    | 10 (22)         | 2 (7)                               | 8 (50)                              | <b>0,001</b> |
| Déficit neurológico, n (%)           |                 |                                     |                                     |              |
| Sí                                   | 16 (35)         | 6(20)                               | 10 (63)                             | <b>0,004</b> |
| No                                   | 30 (65)         | 24 (80)                             | 6 (37)                              |              |
| Fractura de lámina, n (%)            |                 |                                     |                                     |              |
| Sí                                   | 26 (57)         | 14 (47)                             | 12 (75)                             | 0,065        |
| No                                   | 20 (43)         | 16 (53)                             | 4 (25)                              |              |
| % de ocupación del canal             |                 |                                     |                                     |              |
| Media                                | 35              | 30                                  | 45                                  | <b>0,046</b> |
| Desviación estándar                  | 24              | 22                                  | 27                                  |              |
| Cifosis segmentaria                  |                 |                                     |                                     |              |
| Media                                | 9               | 12                                  | 5                                   | 0,058        |
| Desviación estándar                  | 13              | 9                                   | 18                                  |              |
| Distancia interpedicular             |                 |                                     |                                     |              |
| Media                                | 27              | 25                                  | 30                                  | <b>0,007</b> |
| Desviación estándar                  | 5               | 4                                   | 8                                   |              |
| Ángulo del fragmento<br>retropulsado |                 |                                     |                                     |              |
| Media                                | 118             | 128                                 | 102                                 | 0,046        |
| Desviación estándar                  | 42              | 43                                  | 38                                  |              |

En nuestro estudio, hemos considerado las variables propuestas por Lee y cols., y las publicadas posteriormente por Park y cols., y obtuvimos resultados similares, ya que el aumento del porcentaje de ocupación del canal medular, la mayor distancia interpedicular y el ángulo agudo del fragmento retropulsado en el nivel de la fractura tuvieron una diferencia estadísticamente significativa en nuestra serie de pacientes con lesión dural traumática frente a los pacientes sin lesión dural asociada. Sin embargo, la fractura de la lámina, si bien fue más frecuente en pacientes con lesión dural traumática, no alcanzó diferencias significativas. No obstante, jerarquizamos dicha asociación por lo publicado en la bibliografía clásica y adjudicando la falta de significancia de dicha asociación quizás al bajo número de pacientes de nuestro estudio.<sup>1-4</sup>

Al analizar la presencia de déficit neurológico en pacientes con fracturas toracolumbares, hallamos diferencias estadísticamente significativas en los pacientes con lesión dural frente a pacientes sin lesión dural. Estos resultados coinciden con lo publicado por Park y cols.<sup>14</sup>

En cuanto a la relación entre las variables contempladas en el sistema de clasificación AOSpine de lesiones toracolumbares y las lesiones dures, no encontramos artículos publicados que lo mencionen. En nuestra serie, al realizar el análisis comparativo entre los diferentes subtipos asociados a fracturas con compromiso del muro posterior, obtuvimos diferencias significativas, con un mayor porcentaje de lesiones dures en las lesiones de tipo C, que posiblemente guarde relación con el impacto sacrorradicular consecuente al desplazamiento. Cuando analizamos la presencia de lesiones dures en el tipo A, sin desplazamiento ni lesión del complejo ligamentario posterior, frente al resto de los tipos B y C, la diferencia fue también significativa. Por este motivo, es necesario llevar a cabo estudios con más cantidad de pacientes con la posibilidad de un análisis multivariado o bien un diseño prospectivo que permita analizar la relación de riesgo de lesión dural con cada tipo de la clasificación.

Las limitaciones de nuestro estudio son su diseño retrospectivo y el consiguiente sesgo de información posible al relevar datos de historias clínicas y archivo radiográfico digital y también el diagnóstico de las lesiones dures confirmado mediante el abordaje posterior durante la descompresión, que tal vez no permitió percibir lesiones en la cara anterior del saco dural que modifiquen la prevalencia real de la lesión dural traumática.

## CONCLUSIONES

La lesión traumática del saco dural podría ser contemplada en la planificación del tratamiento de fracturas toracolumbares en casos de fragmentos voluminosos del muro posterior con ángulo agudo, compromiso severo del canal raquídeo, distancia interpedicular elevada y daño neurológico asociado, en coincidencia con lo propuesto en los estudios publicados. Consideramos este estudio como estímulo y base para el desarrollo futuro de proyectos de investigación con mayor nivel de evidencia que permitan establecer la relación de riesgo de lesión dural y las variables del sistema de clasificación AOSpine.

Conflicto de intereses: Los autores no declaran conflictos de intereses.

ORCID iD de I. G. Garfinkel: <http://orcid.org/0000-0001-9557-0740>

ORCID iD de G. G. Carrioli: <http://orcid.org/0000-0003-4160-9712>

ORCID iD de D. O. Ricciardi: <http://orcid.org/0000-0002-1396-9115>

## BIBLIOGRAFÍA

1. Miller CA, Dewey RC, Hunt WE. Impaction fracture of the lumbar vertebrae with dural tear. *J Neurosurg* 1980;53(6):765-71. <https://doi.org/10.3171/jns.1980.53.6.0765>
2. Denis F, Burkus JK. Diagnosis and treatment of cauda equina entrapment in the vertical lamina fracture of lumbar burst fractures. *Spine (Phila Pa 1976)* 1991;16(8 Suppl):S433-9. PMID: 1785101
3. Keenen TL, Antony J, Benson DR. Dural tears associated with lumbar burst fractures. *J Orthop Trauma* 1990;4:243-5. PMID: 2231119
4. Ozturk C, Ersozlu S, Aydinli U. Importance of greenstick lamina fractures in low lumbar burst fractures. *Int Orthop* 2006;30:295-8. <https://doi.org/10.1007/s00264-005-0052-0>
5. Borgesen S, Vang P. Extradural pseudocysts. A cause of pain after lumbar-disc operation. *Acta Orthop Scand* 1973;44:12-20. PMID: 4702604
6. Nash C Jr, Kaufman B, Frankel V. Postsurgical meningeal pseudocysts of the lumbar spine. *Clin Orthop Relat Res* 1971;75:167-78. <https://doi.org/10.1097/00003086-197103000-00023>
7. O'Connor D, Maskery N, Griffiths W. Pseudomeningocele nerve root entrapment after lumbar discectomy. *Spine* 1998;23:1501-2. PMID: 9670405
8. Mayfield F. Complications of laminectomy. *Clin Neurosurg* 1976;23:435-9. PMID: 975694
9. Verner E, Musher D. Spinal epidural abscess. *Med Clin North Am* 1985;69:375-84. PMID: 3990440
10. Sciubba D, Kretzer R, Wang P. Acute intracranial subdural hematoma following a lumbar CSF leak caused by spine surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 2005;30:E730-2. PMID: 16371890
11. Bosacco SJ, Gardner MJ, Guille JT. Evaluation and treatment of dural tears in lumbar spine surgery: a review. *Clin Orthop Relat Res* 2001;389:238-47. <https://doi.org/10.1097/00003086-200108000-00033>

12. Leo JS, Bergeron RT, Kricheff II, Benjamin VB. Metrizamide myelography for cervical spinal cord injuries. *Radiology* 1978;129(3):707-11. <https://doi.org/10.1148/129.3.707>
13. Post MJ, Green BA. The use of computed tomography in spinal trauma. *Radiol Clin North Am* 1983;21:327-75. PMID: 6867315
14. Park JK, Park JW, Cho DC, Sung JK. Predictable factors for dural tears in lumbar burst fractures with vertical laminar fractures. *J Korean Neurosurg Soc* 2011;50(1):11-16. <https://doi.org/10.3340/jkns.2011.50.1.11>
15. Lee IS, Kim HJ, Lee JS, Kim SJ, Jeong YJ, Kim DK, et al. Dural tears in spinal burst fractures: predictable MR imaging findings. *Am J Neuroradiol* 2009;30(1):142-6. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A1273>
16. Yoshiiwa T, Miyazaki M, Kodera R, Kawano M, Tsumura H. Predictable imaging signs of cauda equina entrapment in thoracolumbar and lumbar burst fractures with greenstick lamina fractures. *Asian Spine J* 2014;8(3):339-45. <https://doi.org/10.4184/asj.2014.8.3.339>
17. Aydnl U, Karaeminogullar O, Tiskaya K, Öztürk Ç. Dural tears in lumbar burst fractures with greenstick lamina fractures. *Spine* 2001;26(18):E410-E415. PMID: 11547211
18. Pickett J, Blumenkopf B. Dural lacerations and thoracolumbar fractures. *J Spinal Disord* 1989;2:99-103. PMID: 2520069
19. Vaccaro AR, Oner C, Kepler CK, Dvorak M, Schnake K, Bellabarba C, et al. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers. *Spine* 2013;38(23):2028-37. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3182a8a381>
20. Luszczuk MJ, Blaisdell GY, Wiater BP, Bellabarba C, Chapman JR, Agel JA, et al. Traumatic dural tears: what do we know and are they a problem? *Spine J* 2014;14(1):49-56. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2013.03.049>
21. Pau A, Silvestro C, Carta F. Can lacerations of the thoraco-lumbar dura be predicted on the basis of radiological patterns of the spinal fractures? *Acta Neurochirurgica* 1994;129(3-4):186-7. PMID: 7847161
22. Kahamba JF, Rath SA, Antoniadis G, Schneider O, Neff U, Richter HP. Laminar and arch fractures with dural tear and nerve root entrapment in patients operated upon for thoracic and lumbar spine injuries. *Acta Neurochirurgica* 1998;140(2):114-9. PMID: 10398989