

# **Traumatismo de columna vertebral: valoración por TC de las lesiones extraóseas.**

**PROYECTO FIN DE MÁSTER**



**Universidad  
Zaragoza**

*Máster: Iniciación a la investigación en medicina.  
Facultad de medicina. Universidad de Zaragoza  
Departamento de Pediatría, Radiología y Medicina Física.  
Autor: Andrés García Gámez  
Tutores: Dr. José María Artigas Martín.  
Dra. Ana Carmen Vela Marín.  
Junio 2012*

## INTRODUCCIÓN:

Los traumatismos vertebrales son frecuentes y potencialmente graves por el riesgo de lesión medular asociada. Uno de los principales objetivos del estudio por imagen ante cualquier traumatismo vertebral es establecer la estabilidad-inestabilidad de la fractura, ya que de ello va a depender en gran medida la necesidad de ser intervenido de urgencia.

La estabilidad vertebral fue definida por White and Panjabi<sup>1</sup> como la capacidad de la columna de mantener la carga fisiológica normal sin deformidad mecánica ni síntomas neurológicos progresivos. Depende de que se haya mantenido tras el traumatismo la integridad de los componentes esquelético-ligamentarios que permiten la estabilidad, siendo el complejo ligamentario posterior (CLP) una de las estructuras más importantes. Está formado por los ligamentos supraespinoso, interespinoso, longitudinal posterior y amarillo, junto con las cápsulas facetarias.

Actualmente las clasificaciones que se utilizan para determinar la gravedad de los traumatismos espinales son la SLIC (The Sub-axial Cervical Spine Fracture Classification) y la TLICS (Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score), que evalúan 3 parámetros: morfología (tipo de fractura), clínica neurológica, e integridad del CLP<sup>2</sup>.

La presencia de lesión del CLP en la clasificación TLICS se establece mediante criterios clínicos, cuando existe un espacio palpable entre dos apófisis espinosas, o de forma indirecta por imagen, si en la tomografía computerizada (TC) existe separación de las espinosas<sup>3</sup>, o de forma directa si en la resonancia magnética (RM) hay hiperintensidad en las estructuras del CLP en la secuencia potenciada en T2 con supresión grasa.<sup>4, 5, 6</sup>

Se reconoce que la RM es la técnica más sensible y específica para determinar el grado de afectación del CLP<sup>7</sup>, aunque su disponibilidad es menor y su coste más elevado que la TC. En el contexto de un traumatismo vertebral, la TC resulta de gran utilidad para identificar fracturas óseas, pero su inferior resolución de contraste impide la valoración directa de la lesión ligamentaria, que debe realizarse de forma indirecta, identificando la separación patológica de las apófisis espinosas.

Por otra parte, algunos estudios realizados en pacientes obnubilados con traumatismo cervical donde la TC fue normal, mostraron cómo los hallazgos de RM no modificaron el manejo quirúrgico, sugiriendo que la RM no proporcionaría información adicional a la TC en la predicción de estabilidad de la columna cervical<sup>8</sup>.

## OBJETIVO:

El objetivo del presente estudio es investigar la utilidad de la TC en pacientes con traumatismo vertebral, para la valoración de las lesiones extraóseas.

## MATERIAL Y MÉTODOS:

### **Descripción de la muestra:**

Entre enero de 2009 y febrero de 2011 fueron estudiados mediante TC urgente, 409 pacientes con sospecha de lesión traumática vertebral; de ellos, 368 en el contexto de un traumatismo múltiple fueron estudiados con el protocolo de “cuerpo completo” y el resto, 41 pacientes, con traumatismo focalizado en la columna cervical, dorsal o lumbar mediante TC selectivo de dichas regiones. Mostraron lesión vertebral 118 pacientes, con un total de 160 lesiones y 30 de ellos (38 lesiones), fueron también valorados con RM, siendo objeto del estudio que aquí se presenta.

Los criterios de inclusión fueron pacientes mayores de 15 años que ingresaron en nuestro centro en el periodo de tiempo mencionado, con lesiones vertebrales traumáticas en el estudio TC, a los que posteriormente se realizó estudio de columna vertebral por RM.

### **Descripción técnica:**

Las exploraciones de TC fueron realizados en un equipo Toshiba Aquilion 64 de 64 filas de detectores (FOV: 240-400, Grosor de corte: 2-5 mm., Intervalo: 2-5 mm., reconstrucciones con grosor  $\leq 1$  mm. con algoritmo de partes blandas y óseo). En la consola de postproceso se realizó reformateo MPR en los tres planos espaciales y reconstrucciones 3D en algunos casos.

Las exploraciones de RM se realizaron en equipos Signa Excite 1,5 T y Genesis Signa 1,5T de General Electric indistintamente. A todos los pacientes se les realizó secuencias sagitales T1 y T2 (FOV: 24-30, Grosor de corte 3-4 mm., interespacio: 0,1-1 mm.). El estudio de RM se completó con diferentes secuencias (sagitales STIR o T2 con supresión grasa, axiales T1, T2, T2 con supresión grasa o Eco de gradiente) dependiendo del estado del paciente y de la experiencia del radiólogo de guardia en cada momento.

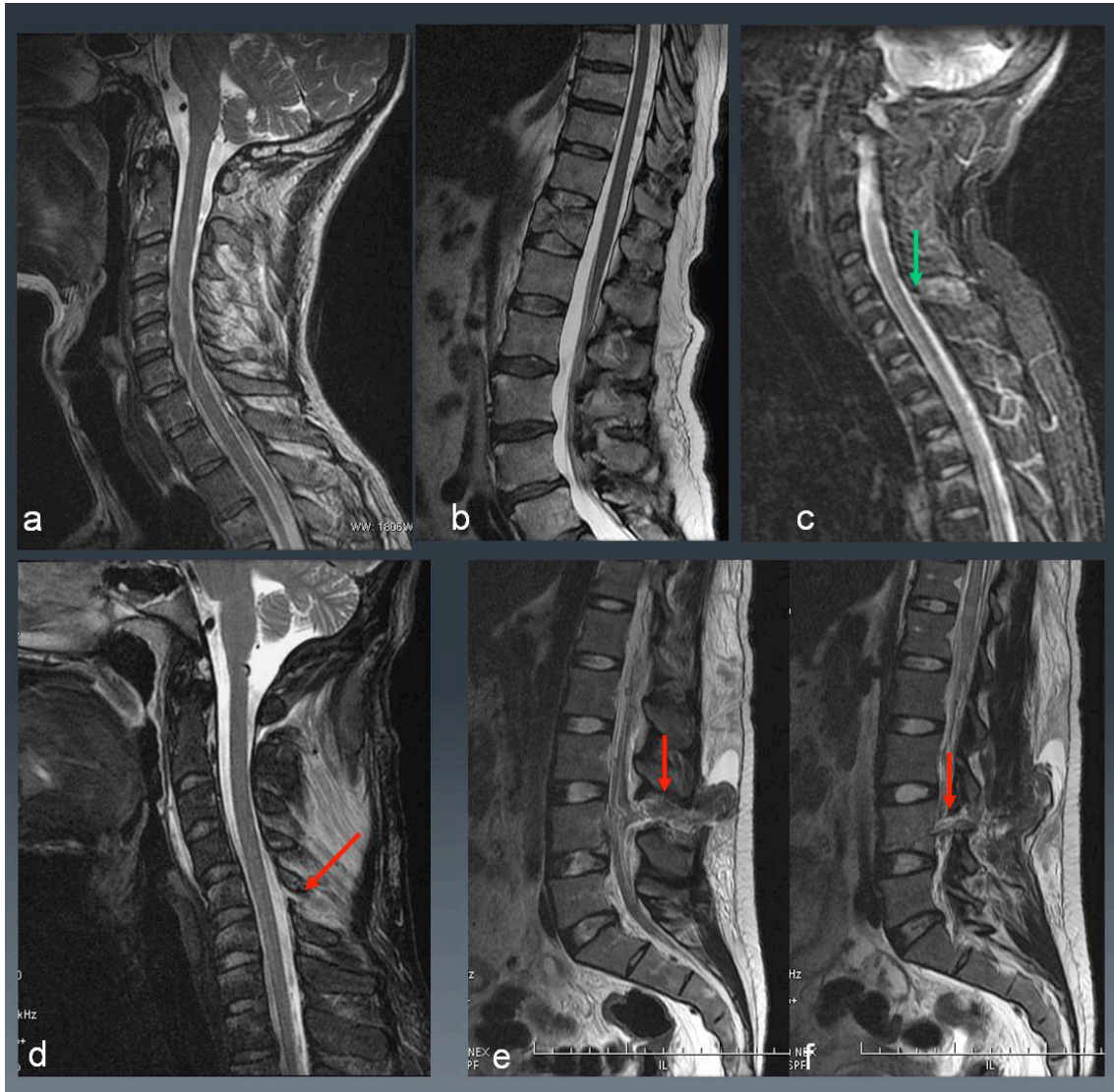
### **Definición de los datos:**

Se evaluó la utilidad de la TC para la detección de lesiones ligamentarias y discales, empleando la RM como estándar de referencia. Para ello se midió el espacio interespinoso en las reconstrucciones sagitales en los estudios de TC con el fin de predecir lesión del CLP. Cuando el espacio interespinoso se encontraba aumentado en relación con los adyacentes, superior e inferior, se consideró que había lesión del mismo. (Fig.1).



**Figura 1.** Valoración de la distancia interespinosa en las reconstrucciones sagitales de TC como signo indirecto de lesión del CLP. Distancia normal (a, b) y distancia aumentada (c, d).

En RM, cuando existía hiperintensidad (como consecuencia de la presencia de edema) ó disrupción (indicativo de rotura completa del ligamento) se estableció el diagnóstico de lesión ligamentaria. (Fig.2 y Tabla I).

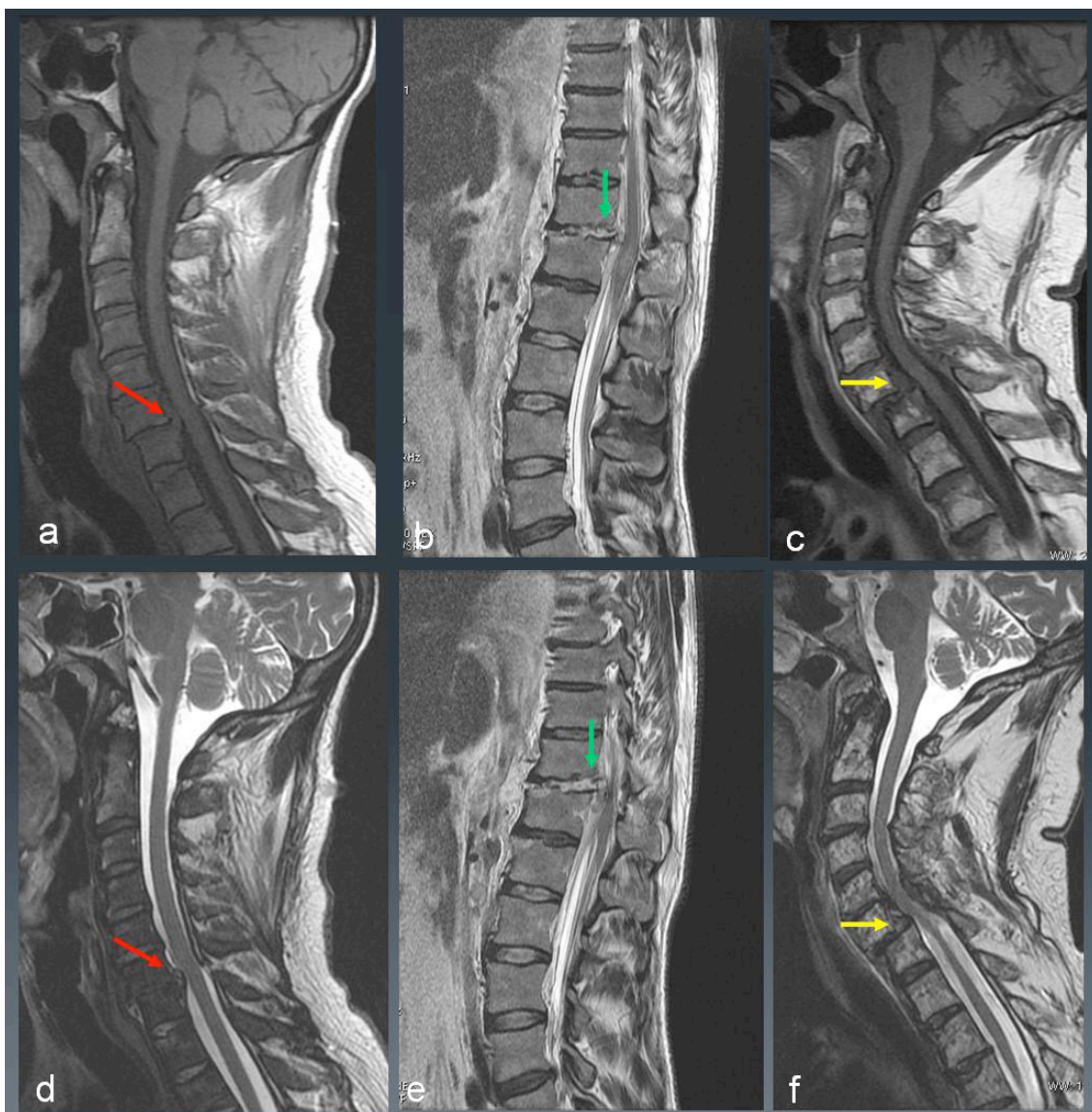


**Figura 2.** Valoración de la lesión del CLP mediante RM. Planos sagitales con secuencias potenciadas en T2 objetivando CLP íntegro (a, b), edema del CLP aunque con continuidad del mismo (c) y rotura (d) con discontinuidad de sus fibras. En las imágenes de otro caso con lesión a nivel de L4 (e, f) se aprecia tanto rotura del ligamento interespinoso como del ligamento amarillo y extensión dorsal de un hematoma desde el canal raquídeo hasta las partes blandas de la espalda.

	<b>CLP íntegro</b>	<b>CLP lesionado / roto</b>
<b>TC</b>	Espacio interespinoso normal	Espacio interespinoso aumentado.
<b>RM</b>	Ligamentos hipointensos en todas las secuencias	<b>Lesión:</b> Hiperintensidad por edema. <b>Rotura:</b> Disrupción completa.

**Tabla I.** Valoración del CLP según los hallazgos de TC y RM.

En cuanto al estado de los discos intervertebrales, se valoró mediante TC si la altura discal era igual a los espacios discales adyacentes, craneales y caudales o estaba disminuida o aumentada con respecto a ellos. En caso de sospecha de lesión a múltiples niveles, se evaluaron comparando con el resto de espacios interdiscales conservados. En RM, se estableció lesión discal en presencia de hernia, rotura o pseudohernia. (Fig. 3 y Tabla II).



**Figura 3.** Valoración del estado del disco intervertebral en RM. Planos sagitales de columna cervical con secuencias potenciadas en T1 y T2 (a, d) con hernia discal. Planos sagitales potenciados en T2 (b, e) de columna dorsal con rotura discal, visualizándose pinzamiento e hiperseñal con material discal en el canal raquídeo. Planos sagitales potenciados en T1 y T2 (c, f) de columna cervical en los que se visualiza espondilolistesis anterior de C6 sobre C7 con pseudohernia discal por detrás del cuerpo vertebral C6.

	Disco integro	Disco lesionado
TC	Altura disco preservada.	Altura del disco aumentada ó disminuida en relación con los demás discos vertebrales.
RM	Altura y morfología de los discos preservada.	Hernia, pseudohernia o rotura del disco.

**Tabla II.** Valoración del disco intervertebral según los hallazgos de TC y RM.

### Análisis de los datos:

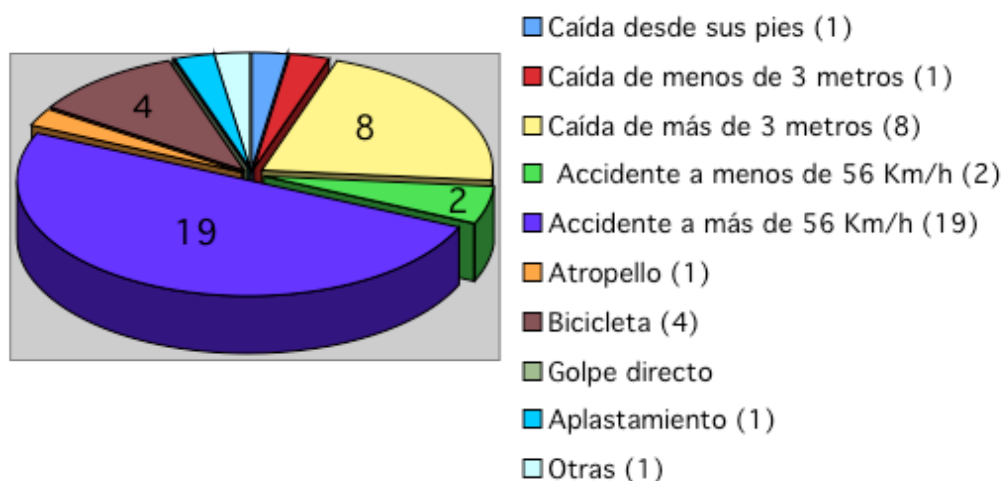
Se realizó análisis de validez y fiabilidad mediante cálculo de sensibilidad (S), especificidad (E), valor predictivo positivo (VPP) y valor predictivo negativo (VPN) de la presencia o no de aumento del espacio interespinoso y de la existencia de aumento o disminución del espacio discal para la detección de la lesión discal mediante TC, utilizando la RM como estándar de referencia.

Por último, se revisaron las historias clínicas de los pacientes para comprobar los hallazgos que fueron determinantes en la toma de la decisión quirúrgica. En los casos en que había discrepancias entre TC y RM en cuanto al estado del CLP se analizó individualmente si este dato influyó en la decisión.

### RESULTADOS:

De los 30 pacientes de la muestra, hubo 7 mujeres (23,3%) y los demás, 23 ( 76,7 %) eran hombres.

Las causas del trauma fueron: caída desde sus pies (1 paciente), caída desde menos de 3 metros (1 paciente), caída de más de 3 metros (8 pacientes), accidente de tráfico a menos de 56 Km/h (2 pacientes), accidente de tráfico a más de 56 Km/h (19 pacientes), atropello (1 paciente), accidente con bicicleta (4 pacientes), aplastamiento (4 pacientes) y otras (1 paciente). (Tabla III).



**Tabla III.** Causas del traumatismo vertebral en nuestra muestra.

El estudio TC identificó lesión del CLP en 11 de los 18 casos en los que se encontraron signos de lesión del mismo en el estudio de RM y ambas técnicas coincidieron que en los 20 restantes no había lesión (Tabla IV). Por lo tanto en nuestro grupo de pacientes todos los casos en que la TC sugería lesión del CLP, éste se encontraba lesionado o roto en RM, lo que suponía un VPP de 100%.

Hubo 7 casos (35%) en los que la distancia interespinosa mediante TC estaba preservada y sin embargo la RM mostró edema en el CLP (en uno) y disrupción (en seis).

De los 27 casos que el TC consideraba que el CLP estaba íntegro, la RM determinó que verdaderamente lo estaba en 20 de ellos, lo que supone un VPN de 74%.

<b>CLP</b>	<b>RM Lesionado ó roto</b>	<b>RM íntegro</b>	<b>TOTAL</b>
<b>TC lesionado ó roto</b>	11	0	11
<b>TC íntegro</b>	7	20	27
<b>TOTAL</b>	18	20	38

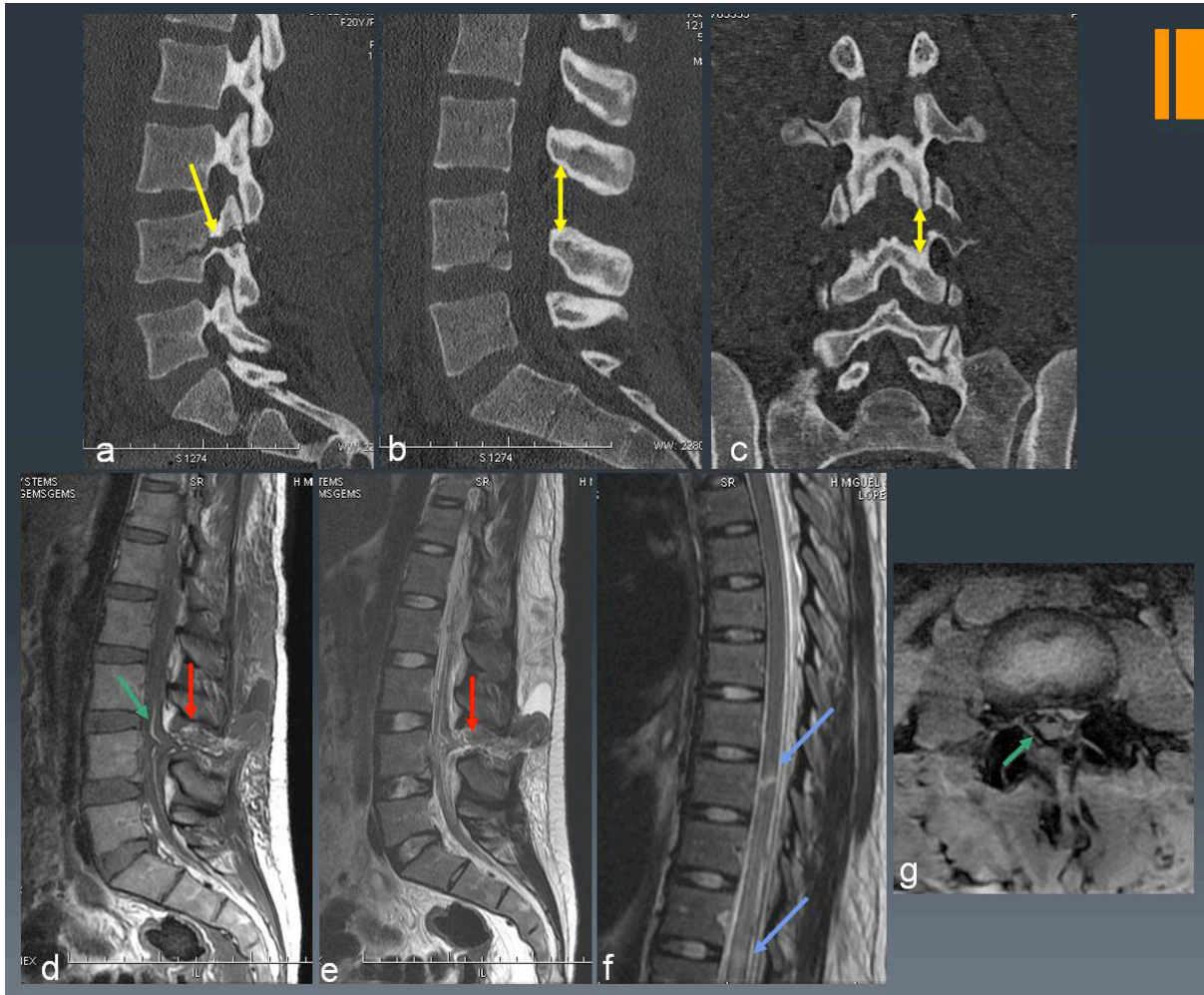
**Tabla VI.** Relación entre la altura aumentada del disco en TC y la visualización de lesión discal en RM.

Veintiuna lesiones fueron intervenidas quirúrgicamente y en diecisiete casos se decidió tratamiento conservador.

En catorce de los diecisiete casos en que se decidió tratamiento conservador tanto la TC como la RM habían coincidido en la integridad del CLP y todos ellos evolucionaron favorablemente.

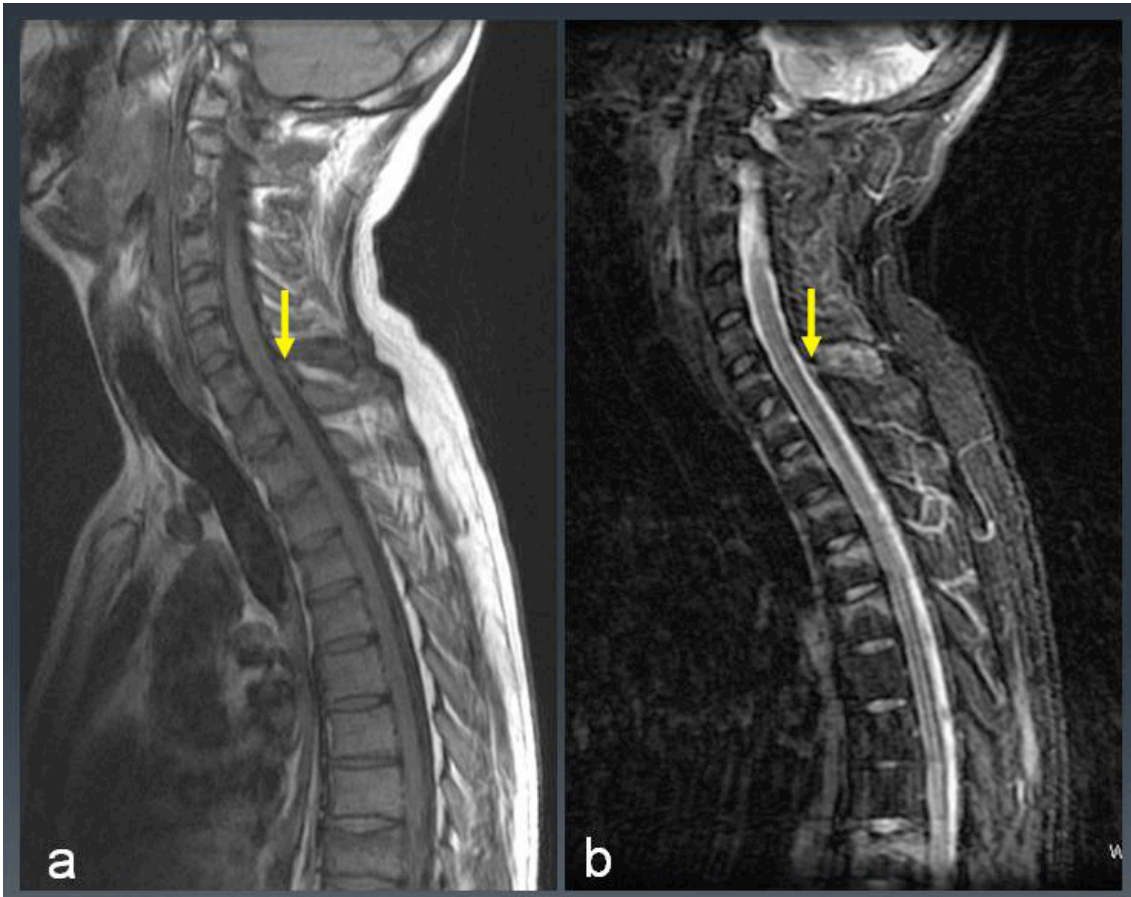
Hubo dos casos en que RM y TC detectaron lesión del CLP y no fueron operados, uno de ellos era una fractura tipo Chance con disrupción ligamentaria y graves lesiones viscerales. La paciente presentaba clínica medular completa debido a isquemia en un tramo superior al de la lesión ósea y no por causa de la fractura (Fig. 4).





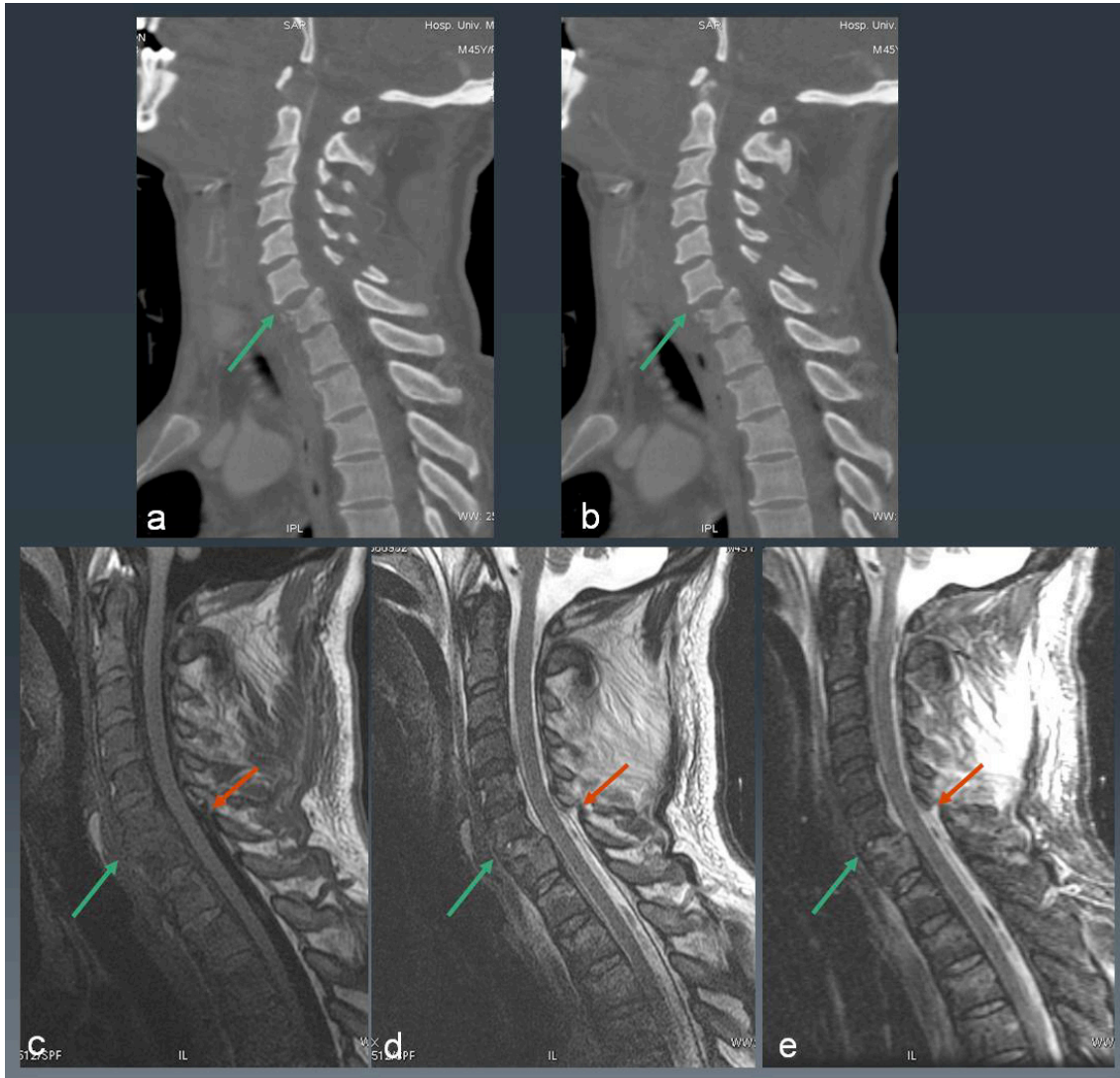
**Figura 4.** Fractura por distracción ósea tipo Chance en paciente con politraumatismo por accidente de tráfico y clínica de lesión medular completa. Reconstrucciones sagitales y coronal de TC en las que se visualiza la línea de distracción ósea a través del pedículo y el cuerpo vertebral (a), aumento de la distancia interespinosa (b) y distracción de elementos posteriores (c). Planos sagitales con secuencias potenciadas en T1 (d), T2 (e) y axial gradiente 2D (g) de columna lumbar y plano sagital potenciado en T2 de columna dorsal (f), objetivando la rotura del CLP (flechas rojas en d, e), hemorragia en el canal raquídeo (flechas verdes en d, g) y áreas de mielopatía en columna dorsal (flechas azules en f) que fueron de causa isquémica por grave lesión de grandes vasos a nivel abdominales.

En el otro caso, la RM detectó edema sin disrupción del CLP, el cual se interpretó como secundario a la fractura de la apófisis espinosa adyacente. Era una lesión por flexión con rotura de microtrabéculas en el cuerpo vertebral y el resto de elementos espinales no presentaban alteraciones por lo que la lesión fue considerada como estable y no se intervino quirúrgicamente (Fig. 5).



**Figura 5.** Fractura por flexión de microtrabéculas óseas en vértebras cervicales y dorsales sin disminución de altura de los cuerpos y fractura de apófisis transversa de C7. Planos sagitales con secuencias potenciadas en T1 y STIR en los que se visualiza el edema óseo en los platillos vertebrales superiores de las vértebras así como edema en la apófisis transversa de C7 que se extiende hasta el CLP, visualizándose la integridad del mismo. Además se aprecia fractura acuñaamiento de D9.

Respecto a la detección de lesión discal, la TC mostró alteración de la altura discal en 14 pacientes. En tres casos había aumento de la altura y en 11 de ellos disminución. En todos los casos con aumento de la altura del espacio discal en TC se mostró lesión del disco en el estudio de RM (Fig. 6), sin embargo la disminución de altura del espacio solo mostró lesión discal en RM en el 63,6 % de los casos. Además en tres pacientes con altura discal aparentemente normal en TC encontramos lesión discal en el estudio de RM. Estos datos se reflejan en las tablas VI y VII.



**Figura 6.** Fractura cervical por flexión dislocación. Reconstrucciones sagitales de TC (a, b) en las que se muestra rotura de elementos posteriores, listesis anterior de C6 y aumento de altura del espacio discal C6-C7. Planos sagitales con secuencias potenciadas en T1, T2 y STIR demostrando listesis con rotura del disco (c, d, e) y rotura del CLP, encontrándose el LCVA intacto. La médula tiene una señal normal. El paciente no presentaba clínica neurológica.

<b>DISCO</b>	<b>RM: Lesionado</b>	<b>RM: Sin alteraciones</b>	<b>TOTAL</b>
<b>TC: Espacio discal aumentado</b>	3	0	3
<b>TC: Espacio discal conservado</b>	3	21	24
<b>TOTAL</b>	6	21	27

**Tabla VI.** Relación entre la altura aumentada del disco en TC y la visualización de lesión discal en RM.

<b>DISCO</b>	<b>RM: Lesionado</b>	<b>RM: Sin alteraciones</b>	<b>TOTAL</b>
<b>TC: Espacio discal disminuido</b>	7	4	11
<b>TC: Espacio discal conservado</b>	3	21	24
<b>TOTAL</b>	10	25	35

**Tabla VII.** Relación entre la altura disminuida del disco en TC y la visualización de lesión discal en RM.

En cinco de las veintiuna lesiones intervenidas quirúrgicamente se hace mención expresa a la lesión discal en el parte de cirugía, la lesión fue demostrada por RM en los cinco casos.

De los tres casos con altura discal aumentada dos fueron intervenidos quirúrgicamente; el que no fue operado corresponde al mismo paciente cuyo caso fue tratado en sesión clínica tomando la decisión final de tratamiento conservador (caso de la figura 4).

En cuanto a la predicción de lesión del CLP la TC mostró una S del 61 %, con una E de 100%, un VPP de 100% y VPN de 74%. En la detección de lesión discal la TC con respecto a la RM mostró VPP de 100% y VPN de 88% para el aumento patológico del espacio intervertebral y VPP de 64% y VPN de 88 % para la disminución (Tabla VIII).

<b>PARÁMETRO</b>	<b>LESIÓN CLP</b>	<b>AUMENTO DEL ESPACIO DISCAL</b>	<b>DISMINUCIÓN DEL ESPACIO DISCAL</b>
<b>SENSIBILIDAD</b>	61%	50%	70%
<b>ESPECIFICIDAD</b>	100%	100%	84%
<b>VPP</b>	100%	100%	64%
<b>VPN</b>	74%	88%	88%

**Tabla VIII.** Resultados de Sensibilidad, Especificidad, VPP y VPN de los hallazgos de TC para lesión del CLP y discos intervertebrales en relación al estándar de visualización en RM.

## DISCUSIÓN:

### **Enumeración de los hallazgos fundamentales:**

El aumento del espacio interespinoso en las reconstrucciones sagitales de los estudios de TC predice con un elevado VPP (100%) la presencia de lesión del CLP, lo que ayuda en la valoración inicial de inestabilidad en las fracturas vertebrales, estableciendo la posibilidad del tratamiento quirúrgico.

Aunque el VPN de la TC con respecto a la RM, para la detección de la lesión del CLP es inferior (74%), en los casos donde el mecanismo de lesión es por flexión-acuñaamiento, cuando la distancia interespinosa se encuentra conservada y no existe clínica neurológica, puede establecerse la estabilidad sin necesidad de completar el estudio con RM<sup>9, 10</sup>.

Este dato es concordante con nuestros propios resultados, y los 7 casos donde la RM identificó lesión del CLP que la TC consideró como íntegros, se trataba de fracturas por rotación, extensión, distracción o estallido, o bien eran pacientes con clínica medular o radicular (en 6 de los casos), determinantes de la decisión quirúrgica.

En cuanto a la predicción de la lesión del disco intervertebral por TC, la visualización del aumento del espacio discal en las reconstrucciones sagitales es más fiable que su disminución con un VPP del 100% del aumento frente al 64% en caso de disminución.

### **Comparación con estudios previos, limitaciones y fortalezas:**

La RM es la técnica más sensible y específica en la evaluación del complejo ligamentario posterior, pero tiene sus limitaciones. En primer lugar el estudio mediante RM es más preciso cuando este se realiza en las primeras 72 horas después del traumatismo<sup>11, 12, 13</sup>, además estos pacientes suelen estar gravemente lesionados e inestables para ser transportados y valorados durante el tiempo que requiere un estudio adecuado de RM. Un estudio realizado fuera de esta franja de tiempo tiene una validez cuestionable, no respaldada por la bibliografía<sup>8, 14, 15</sup>.

Por otro lado, hay autores que mantienen que en pacientes con traumatismo cervical y TC normal, los hallazgos de RM no modifican el manejo quirúrgico<sup>16, 17, 18, 19, 20</sup>.

En nuestro estudio, las fracturas por flexión-acuñamiento demostradas en TC, no presentaron posteriormente alteración ligamentaria por RM, lo que permite clasificar a las fracturas como estables siempre y cuando no haya clínica neurológica. En aquellas fracturas con otro tipo de mecanismo traumático (rotación, cizallamiento,...) la TC demostró tener una sensibilidad baja, por lo que el estudio con RM en estos casos puede aportar más datos útiles en cuanto al planteamiento de la cirugía; en función del estado de la médula y la presencia de otras lesiones en el canal raquídeo.

Hay importantes limitaciones en este estudio. La muestra es reducida, y la RM, a pesar de ser la técnica de referencia en imagen para la valoración extraósea en pacientes con traumatismo tiene un elevado porcentaje de falsos positivos (24-40 %)<sup>9, 21</sup>. Se demuestra, sin embargo, que la TC predice con elevado VPP la lesión del CLP en aquellos pacientes con aumento del espacio interespinoso, aspecto determinante en la puntuación de las escalas TLICS / SLICS y por tanto para el manejo quirúrgico. De ahí que en caso de fractura vertebral por flexión-acuñamiento, sin clínica neurológica y que mantenga el espacio interespinoso conservado en el estudio con TC puede ser considerada como estable.

### **CONCLUSIONES**

En nuestro estudio preliminar, la TC ha demostrado ser una técnica de imagen útil en la valoración de posibles lesiones extraóseas en pacientes con traumatismo vertebral.

No obstante, se debe estudiar cada fractura en su conjunto, valorando las lesiones de los distintos componentes óseos y ligamentosos, siendo la lesión del CLP y del disco intervertebral datos importantes que ayudan a definir la estabilidad o no de las lesiones, pero no los únicos necesarios a la hora de plantear el tratamiento.

## BIBLIOGRAFÍA:

- <sup>1</sup> White AA, III Panjabi MM: Clinical Biomechanics of the Spine, ed 2. Philadelphia: JB Lippincott,1990.
- <sup>2</sup> Vaccaro AR, Kim DH, Brodke DS, Harris M, Chapman JR, Schildhauer T, et al. Diagnosis and management of thoracolumbar spine fractures. *Instr Course Lect.* 2004;53:359-73.
- <sup>3</sup> Jeffrey MD, Nuo Yang PD, Charles Fisher MD, Davor Savaranja MD, Harvey Smith MD, Willian B Morrison MD, et al. Using Magnetic resonance imaging to accurately asses injury to the posterior ligamentous complex of the spine: a prospective comparison of the surgeon and radiologist. *J Neurosurg Spine.* 2010;12:391-96.
- <sup>4</sup> Lee JY, Vaccaro AR, Lim MR, Öner FC, Hulbert RJ, Hedlund R, et al. Thoracolumbar injury classification ann severity score: a new paradigm for the treatment of thoracolumar spine trauma. *J Orthop Sci.* 2005;10:671-75.
- <sup>5</sup> Tomycz ND, Chew BG, Chang YF, et al. MRI is unnecessary to clear the cervical spine in obtunded/comatose trauma patients: the four-year experience of a level I trauma center. *J Trauma.* 2008;64:1258-63.
- <sup>6</sup> Ghanta MK, Smith LM, Polin RS, et al. An analysis of eastern association for the surgery of trauma practice guidelines for cervical spine evaluation in a series of patients with multiple imaging techniques. *Am Surg.* 2002;68:563-67.
- <sup>7</sup> Lee HM, Kim HS, Kim DJ, Suk KS, Park JO, Kim NH. Reliability of magnetic resonance imaging in detecting posterior ligament complex injury in thoracolumbar spinal fractures. *Spine.* 2000;25:2079-84.
- <sup>8</sup> Steigelmen M, Lopez M, Dent D, Myers J, Corneille M, Stewart R, Cohn S. Screening cervical spine MRI after normal cervical spine CT scans in patients in whom cervical spine injury cannot be excluded by physical examination. *Am J Surg.* 2008;196:857-62.
- <sup>9</sup> Barba CA, Taggert J, Morgan AS, et al. A new cervical spine clearance protocol using computed tomography. *J Trauma.* 2001;51:652-56.
- <sup>10</sup> Richards PJ. Cervical spine clearance: a review. *Injury.* 2005;36:248-69.
- <sup>11</sup> Ackland HM, Cooper DJ, Malham GM, et al. Factors predicting cervical collar-related decubitus ulceration in major trauma patients. *Spine.* 2007;32:423-28.
- <sup>12</sup> Adams JM, Cockburn MI, Difazio LT, et al. Spinal clearance in the difficult trauma patient: a role for screening MRI of the spine. *Am Surg.* 2006;72:101-5.
- <sup>13</sup> Ajani AE, Cooper DJ, Scheinkestel CD, et al. Optimal assessment of cervical spine trauma in critically ill patients: a prospective evaluation. *Anaesthesiol Intens Care.* 1998;26:487-91.
- <sup>14</sup> Muchow RD, Resnick DK, Abdel MP, et al. Magnetic resonance imaging (MRI) in the clearance of the cervical spine in blunt trauma: a meta-analysis. *J Trauma.* 2008;64:179-89
- <sup>15</sup> Agus, H, Kayali, C, Arslantas, M. Nonoperative treatment of burst-type thoracolumbar vertebra fractures: clinical and radiological results of 29 patients. *Eur Spine J.* 2009;14:536-40.

<sup>16</sup> Horn EM, Lekovic GP, Feiz-Erfan I, et al. Cervical magnetic resonance imaging abnormalities not predictive of cervical spine instability in traumatically injured patients. Invited submission from the joint section meeting on disorders of the spine and peripheral nerves. *J NeuroSurg Spine*. 2004;1:39-42.

<sup>17</sup> Stassen NA, Willians VA, Gestring ML, et al. Magnetic resonance imaging in combination with helical computed tomography provides a safe and efficient method of cervical spine clearance in the obtunded trauma patient. *J Trauma*. 2006;60:171-77.

<sup>18</sup> Hogan GJ, Mirvis SE, Shanmuganathan K, et al. Exclusion of unstable cervical spine injury in obtunded patients with blunt trauma: is MR imaging needed when multi-detector row CT findings are normal?. *Radiology*. 2005;327:106-13.

<sup>19</sup> Como JJ, Thompson MA, Anderson JS, et al. Is magnetic resonance imaging essential in clearing the cervical spine in obtunded patients with blunt trauma?. *J Trauma*. 2007;63:544-49.

<sup>20</sup> Menaker J, Philp A, Boswell S, et al. Computed tomography alone for cervical spine clearance in the unreliable patient, are we there yet?. *J Trauma*. 2008;64:898-904.

<sup>21</sup> Grossman MD, Reilly PM, Gillett T, et al. National survey of the incidence of cervical spine injury and approach to cervical spine clearance in U.S. trauma centers. *J Trauma*. 1999;47:684-90.