

OBJETIVOS DOCENTES

- Definir el concepto de vértebra transicional lumbosacra (VTLS).
- Enumerar los hallazgos radiológicos que nos permiten su identificación y llevar a cabo una correcta numeración de los niveles vertebrales.
- Describir e ilustrar las clasificaciones radiológicas que van a ser útiles en la detección y caracterización de dichas anomalías.
- Describir las repercusiones biomecánicas del raquis lumbosacro ante la presencia de una vertebra transicional .
- Mostrar cuales van a ser sus hallazgos en las diferentes técnicas de imagen cuando está implicada en procesos sintomáticos y presentar cuales van a ser sus implicaciones quirúrgicas.

REVISIÓN DEL TEMA

¿QUÉ ES UNA VERTEBRA TRANSICIONAL LUMBOSACRA?

Cuando hablamos de una **vértebra transicional lumbosacra** nos referimos a una anomalía congénita en la cual se produce una **sacralización** del segmento vertebral lumbar más inferior o una **lumbarización** del segmento sacro más cefálico.

¿QUÉ PREVALENCIA TIENE?

A pesar de que su prevalencia es muy variable en los diferentes estudios (4-30%) se estimó en 2007, en un estudio de revisión de la literatura, que presentaba una incidencia promedio del **12 %** en la población general siendo más prevalente en hombres que en mujeres.

A pesar de su elevada prevalencia sorprende su escasa repercusión en los informes radiológicos probablemente por desconocimiento y porque se ha minimizado su repercusión clínica.

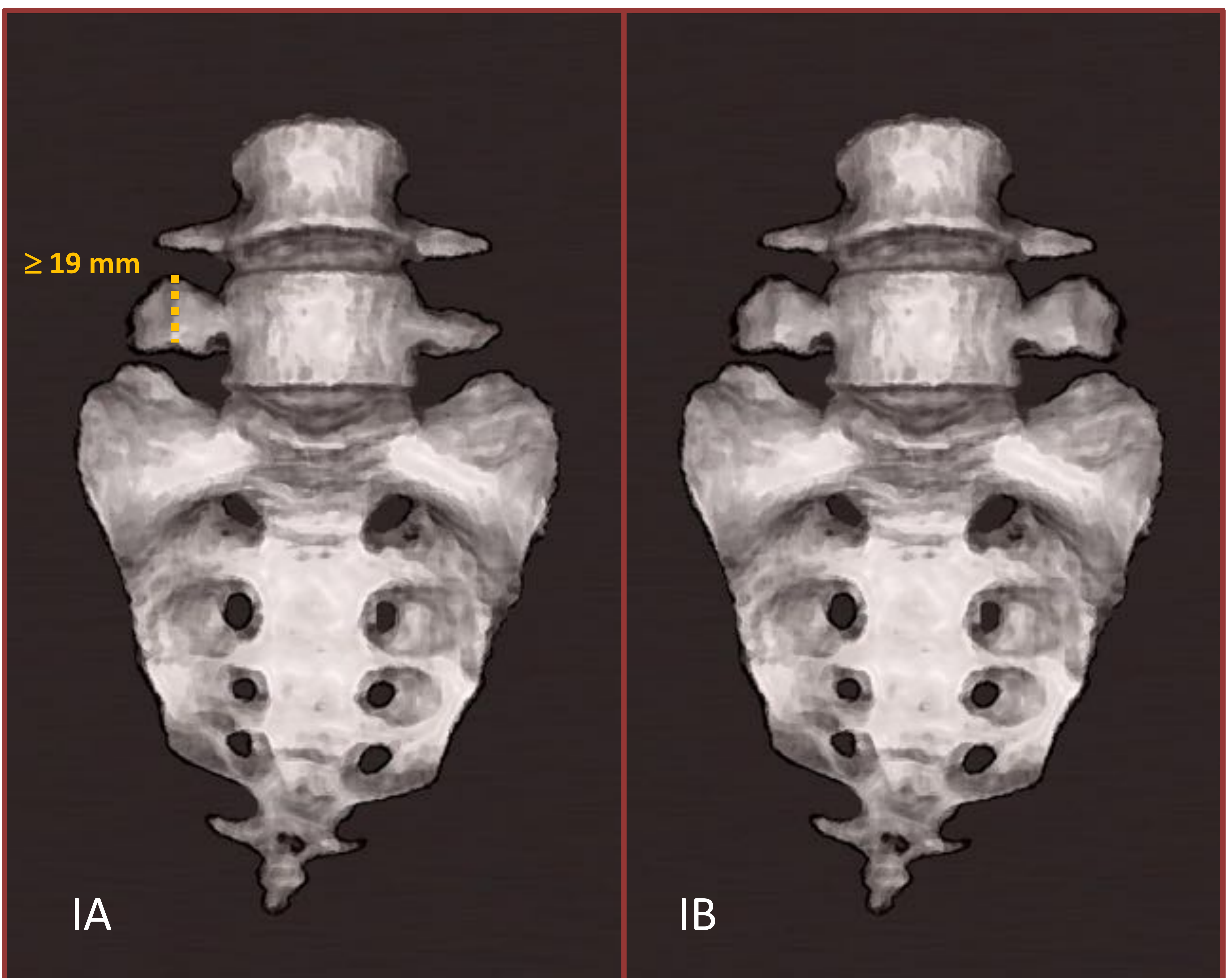
¿QUÉ CAMBIOS PODEMOS IDENTIFICAR?

En función del grado de lumbarización o sacralización se van a producir unos cambios morfológicos en la vértebra implicada y en la forma con la que articula con el sacro y cresta ilíaca. Los cambios se dan en las siguientes regiones anatómicas :

A. APÓFISIS TRANSVERSA:

La apófisis transversa de la VTLS es displásica y la **clasificación de Castellvi** define el tipo de vértebra transicional en función del grado de displasia de dicho proceso transversal y la relación del mismo con el sacro.

TIPO I: Cuando el proceso transversal está hipertrofiado uni (A) o bilateralmente (B) presentando un diámetro cefalocaudal de al menos 19 mm.



¿QUÉ CAMBIOS PODEMOS IDENTIFICAR?

En función del grado de lumbarización o sacralización se van a producir unos cambios morfológicos en la vértebra implicada y en la forma con la que articula con el sacro y cresta ilíaca. Los cambios se dan en las siguientes estructuras:

A. APÓFISIS TRANSVERSA:

La apófisis transversa de la vertebra transicional lumbosacra es displásica y la **clasificación de Castellvi** define el tipo de vértebra transicional en función del grado de displasia de dicho proceso transversal y la relación del mismo con el sacro.

TIPO II: En este caso **el proceso transversal hipertrófico articula (fusión incompleta) de forma anómala con el sacro o la articulación sacroilíaca** uni (A) o bilateralmente (B) implicando ya una sacralización o lumbarización de la vertebra transicional aunque incompleta.

FUSIÓN INCOMPLETA



¿QUÉ CAMBIOS PODEMOS IDENTIFICAR?

En función del grado de lumbarización o sacralización se van a producir unos cambios morfológicos en la vértebra implicada y en la forma con la que articula con el sacro y cresta ilíaca. Los cambios se dan en las siguientes estructuras:

A. APÓFISIS TRANSVERSA:

La apófisis transversa de la vertebra transicional lumbosacra es displásica y la **clasificación de Castellvi** define el tipo de vértebra transicional en función del grado de displasia de dicho proceso transversal y la relación del mismo con el sacro.

TIPO III: En este tipo de sacralización o lumbarización el proceso transversal displásico presenta **fusión completa** con el sacro en uno (A) o ambos lados (B).

FUSIÓN COMPLETA



¿QUÉ CAMBIOS PODEMOS IDENTIFICAR?

En función del grado de lumbarización o sacralización se van a producir unos cambios morfológicos en la vértebra implicada y en la forma con la que articula con el sacro y cresta ilíaca. Los cambios se dan en las siguientes estructuras:

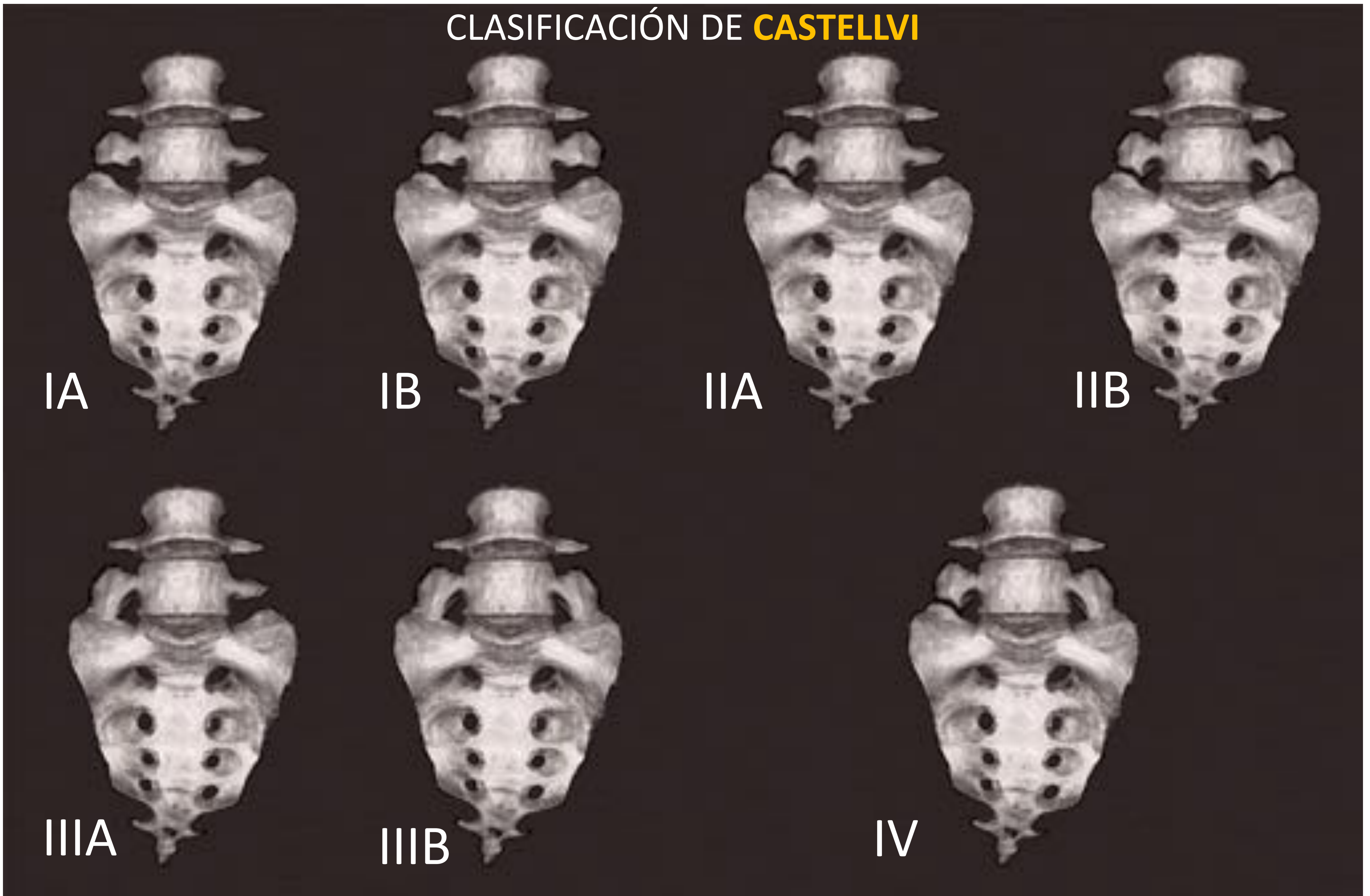
A. APÓFISIS TRANSVERSA:

La apófisis transversa de la vertebra transicional lumbosacra es displásica y la **clasificación de Castellvi** define el tipo de vértebra transicional en función del grado de displasia de dicho proceso transversal y la relación del mismo con el sacro.

TIPO IV: En este caso se corresponde con una combinación de las dos anteriores donde el proceso transversal displásico neoarticula con el sacro en un lado y se fusiona completamente con el mismo en el lado contralateral.



CLASIFICACIÓN DE CASTELVI

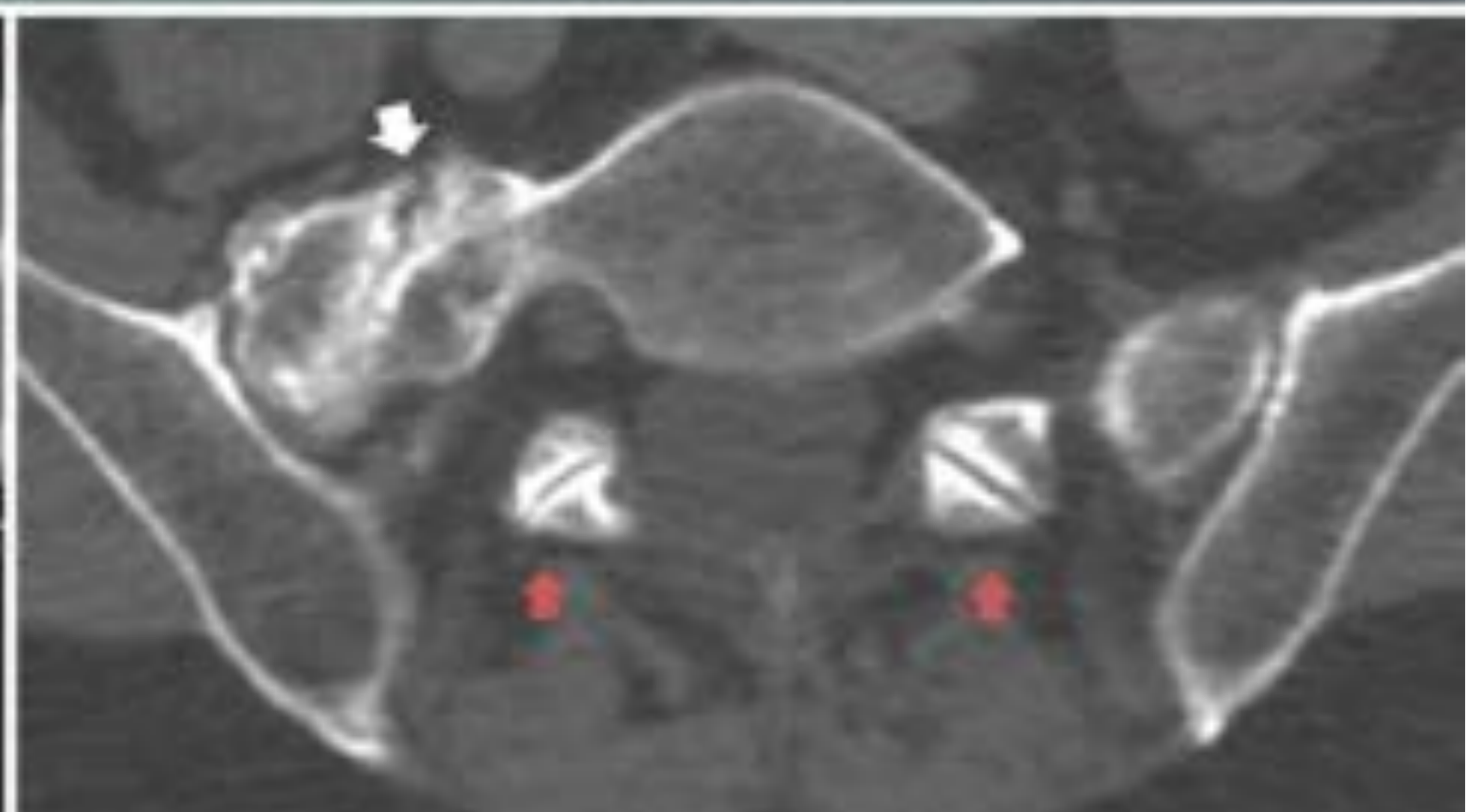
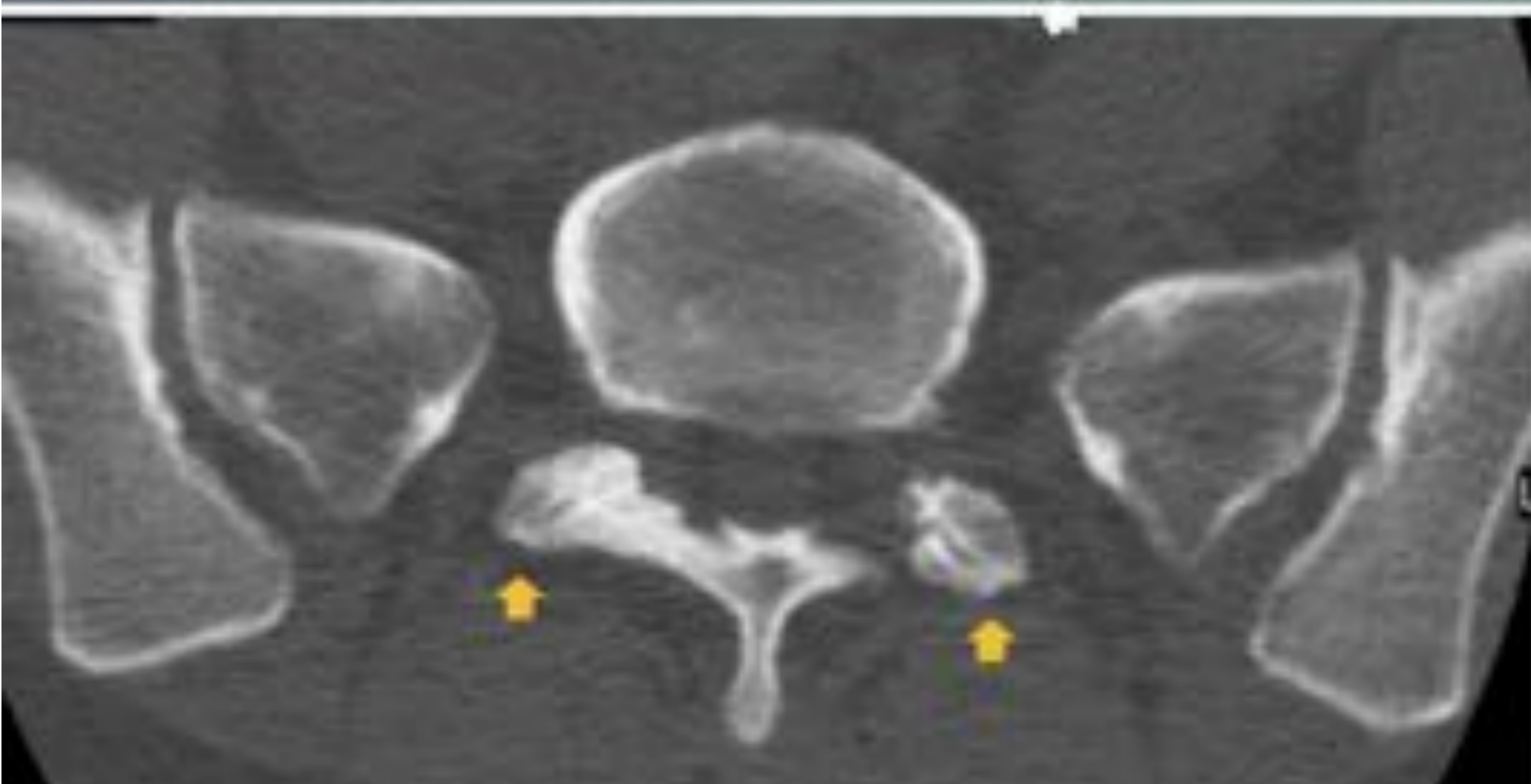


B. ARTICULACIONES FACETARIAS

Cuando una vertebra L5 es asimilada al sacro las articulaciones facetarias entre la vertebra transicional y el sacro son hipoplásicas o no se desarrollan. Por otro lado, ante una lumbarización de S1 se identifican articulaciones facetarias en dicho nivel S1-S2 cuando en condiciones normales no están presentes.

Paciente con **sacralización completa bilateral de L5** objetivando que ambas articulaciones facetarias son hipoplásicas (★).

En otro paciente con **lumbarización Incompleta de S1** con presencia de megaapófisis transversa derecha que articula mediante pseudoartrosis con el sacro (⬇) y se demuestra que ambas articulaciones facetarias S1-S2 están formadas (●).



C. CUERPO VERTEBRAL Y DISCO

Cuando se produce una **SACRALIZACIÓN DE L5** el cuerpo vertebral se acuña anteriormente y disminuye la altura del disco entre dicha vertebra transicional y el sacro.

En cambio ante una **LUMBARIZACIÓN DE S1** se produce una cuadratura del cuerpo vertebral y un aumento del tamaño del disco entre dicha vertebra transicional y el resto del sacro, es decir, en el nivel aberrante L6-S1. Puesto que este tipo de anomalías son más difíciles de identificar en los estudios estandarizados de RM, que no suelen emplear planos coronales, para mejorar su detección se emplea la **clasificación de O'DRISCOLL**, la cual se basa en la morfología del cuerpo **vertebral** de S1 junto con la morfología y longitud del disco S1-S2 en el plano sagital en los estudios de RM.

CLASIFICACIÓN DE O'DRISCOLL

- **TIPO I:** No presenta material discal. Se observan en pacientes sin vertebra transicional.
- **TIPO II:** Disco residual de pequeño tamaño cuyo diámetro anteroposterior es inferior al del sacro. En la mayoría de los casos este tipo se objetiva en columnas sin vertebra transicional.
- **TIPO III:** Disco completamente formado extendiéndose a todo el diámetro anteroposterior del sacro. Este tipo aparece en paciente con y sin vertebra transicional.
- **TIPO IV:** Disco similar al tipo III con **cuadratura de la vértebra** sacra presumiblemente más cefálica. Este tipo se objetiva en pacientes con vértebra transicional.



Por tanto **a medida que aumenta el grado en esta clasificación también lo hace la probabilidad de encontrarnos ante una vertebra transicional** con buena correlación entre el tipo IV de O'Driscoll y los tipos III y IV de Castellvi.

¿CÓMO PODEMOS REALIZAR UNA CORRECTA NUMERACIÓN DE LOS NIVELES VERTEBRALES?

Una vez hemos detectado la presencia de una vértebra transicional el siguiente paso es llevar a cabo una correcta identificación de los segmentos vertebrales para establecer si la vértebra transicional en realidad se corresponde con una vértebra L5 sacralizada o una S1 lumbarizada. Se ha publicado que dentro de los pacientes con un diagnóstico correcto de vértebra transicional en hasta un 60 % de ellos se realiza una incorrecta numeración lo que sugiere que no es una tarea sencilla y una **correcta numeración será primordial para evitar procedimientos quirúrgicos o intervencionistas en un nivel incorrecto.**

En los de TC tenemos menos problemas en realizar una correcta numeración, el principal desafío se plantea en los estudios de RM. Es aconsejable **siempre realizar una correlación con las radiografías.** En la radiología simple, la proyección AP con angulación de 30° (proyección de Ferguson) es el método estándar para detectar una VTLS (detectando las anomalías tipificadas en la clasificación de Castellvi) y la proyección lateral nos muestra los cambios morfológicos en el cuerpo vertebral y el tamaño del espacio interdiscal. El problema estriba en que no siempre se disponen radiografías e incluso disponiendo de ellas, en ocasiones, es difícil diferenciar una costilla hipoplásica de una apófisis transversa lumbar prominente en la unión toracolumbar.

Una **vértebra transicional toracolumbar se define como la presencia de una costilla hipoplásica con una longitud menor de 3,8 cm** en el segmento vertebral más bajo que presenta costilla y en unos dos tercios de estos casos asocian también la presencia de una VTLS.

IMPORTANTE RECORDAR:

Una correcta numeración **no es siempre fácil**, especialmente en los estudios de RM, pero tiene importantes implicaciones en pacientes candidatos a la cirugía. Por ello:

- **Sistemáticamente tenemos que descartar una VTLS** dada su elevada prevalencia para lo cual tendríamos que tener siempre presente qué hallazgos en los diferentes estudios nos permiten sospechar y detectar la presencia de una VTLS.
- **Correlacionar siempre el estudio de RM con la radiología simple.**
- Ante la sospecha de una VTLS **siempre revisar estudios previos** ya que incluso una radiografía simple de abdomen o un TC abdominopélvico nos pueden ayudar a caracterizar la anomalía y realizar una adecuada numeración.
- En pacientes candidatos a cirugía con dudas en la numeración **reflejar esas dudas en el informe y/o completar el estudio** con radiografías si no disponemos de ellas o bien secuencias adicionales de RM que nos permitan una contaje fiable.

¿CUÁLES SON LAS CONSECUENCIAS CLÍNICAS DE LA PRESENCIA DE UNA VÉRTEBRA TRANSICIONAL LUMBOSACRA?

La presencia de una vértebra transicional lumbosacra va a condicionar un **cambio de la distribución, incidencia y la severidad de la patología** del raquis lumbosacro. Además se van a producir cuadros clínicos directamente relacionados con las alteraciones anatómicas que se producen en la propia vertebra transicional y del modo mediante el cual se une al sacro o la cresta ilíaca. La asociación entre lumbalgia y la presencia de una VTLS se conoce en la literatura como **síndrome de Bertolotti**. Podemos diferenciar los siguientes escenarios clínico-radiológicos:

A. CAMBIO EN LA DISTRIBUCIÓN E INCIDENCIA DE LA PATOLOGÍA:

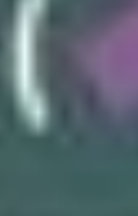

La presencia de una vértebra transicional condiciona un cambio en la biomecánica del raquis lumbar puesto que se altera la transmisión de cargas desde la vértebra transicional hacia el sacro. Parte de la carga puede ser absorbida por el proceso transversal fusionado o neoarticulado con el sacro y por tanto se disminuye el estrés mecánico sobre el disco en dicho nivel de transición anómalo entre la VTLS y el sacro.

Asimismo se produce una disminución o incluso una pérdida de la movilidad en dicho segmento de transición (en función de si la VTLS presenta neoarticulación o fusión completa con el sacro) y en teoría una hipermovilidad del segmento situado inmediatamente superior a la VTLS. **Por tanto tendrá un efecto protector en el disco del nivel transición y un mayor estrés mecánico en el nivel adyacente inmediatamente superior.** Las consecuencias serán:

- Una **distribución diferente** de la patología con afectación casi exclusivamente del segmento adyacente y casi nunca del nivel establecido entre la VTLS y el sacro.
- Un **incremento en la incidencia** de **degeneración discal, hernia discal y degeneración facetaria** en los niveles vertebrales en situación cefálica a la vértebra de transición.
- Una **mayor severidad de la lumbalgia** y además asocia **con más frecuencia clínica radicular**.
- Un **mayor grado de listesis** secundaria a espondilolisis ístmica.

A.1. PATOLOGIA DEGENERATIVA DISCAL

¡IMPORTANTE RECORDAR!

- En el plano sagital de RM parece que no es difícil definir que el último disco presente se corresponde con el nivel S1-S2 (), pero hay que tener en cuenta que los cirujanos utilizan radiografías intraoperatorias durante la intervención para confirmar el nivel discal por ello es importante hacer una **precisa correlación del estudio de RM con el estudio de radiología convencional** del raquislumbosacro.
- En la rx simple en proyección lateral del mismo paciente vemos que no es difícil atribuir por error que el último nivel se corresponde con L5-S1 (). Por tanto **la presencia de una VTLS no reconocida aumenta el riesgo de no identificar correctamente el nivel vertebral durante la cirugía** . Por tanto es muy importante **detectar si presenta VTLS, tipificarla y llevar a cabo una adecuada numeración de las vértebras reflejando todo ello en el informe radiológico**.



A.1 PATOLOGÍA DEGENERATIVA DISCAL

Se muestran otros dos casos con patología discal en el primer segmento móvil por encima de la vértebra transicional:



Paciente con **sacralización de L5 incompleta unilateral** con presencia de mega-apófisis transversa derecha que articula (↑) con el sacro (**tipo IIA** de la clasificación de **Castellvi**).

En este caso el último disco presente situado en nivel L5-S1 está preservado con sobrecarga mecánica sobre el nivel inmediatamente superior (L4-L5) en el que presenta degeneración discal con marcada edematización (↑) por estrés mecánico de los platillos vertebrales adyacentes al disco.



En este otro paciente se visualiza **sacralización de L5** con presencia fusión incompleta mediante megaapófisis transversa derecha que articula (↑) con el sacro homolateral y fusión completa (○) de megaapófisis transversa izquierda con el ala del sacro izquierda (**tipo IV** de clasificación **Castellvi**).

El último disco presente también se sitúa en el nivel L5-S1 y también está preservado, con transferencia del estrés mecánico sobre el nivel inmediatamente superior (L4-L5) en el que presenta degeneración discal con gran **hernia-extrusión** (*) que condiciona **severa estenosis de conducto espinal**.

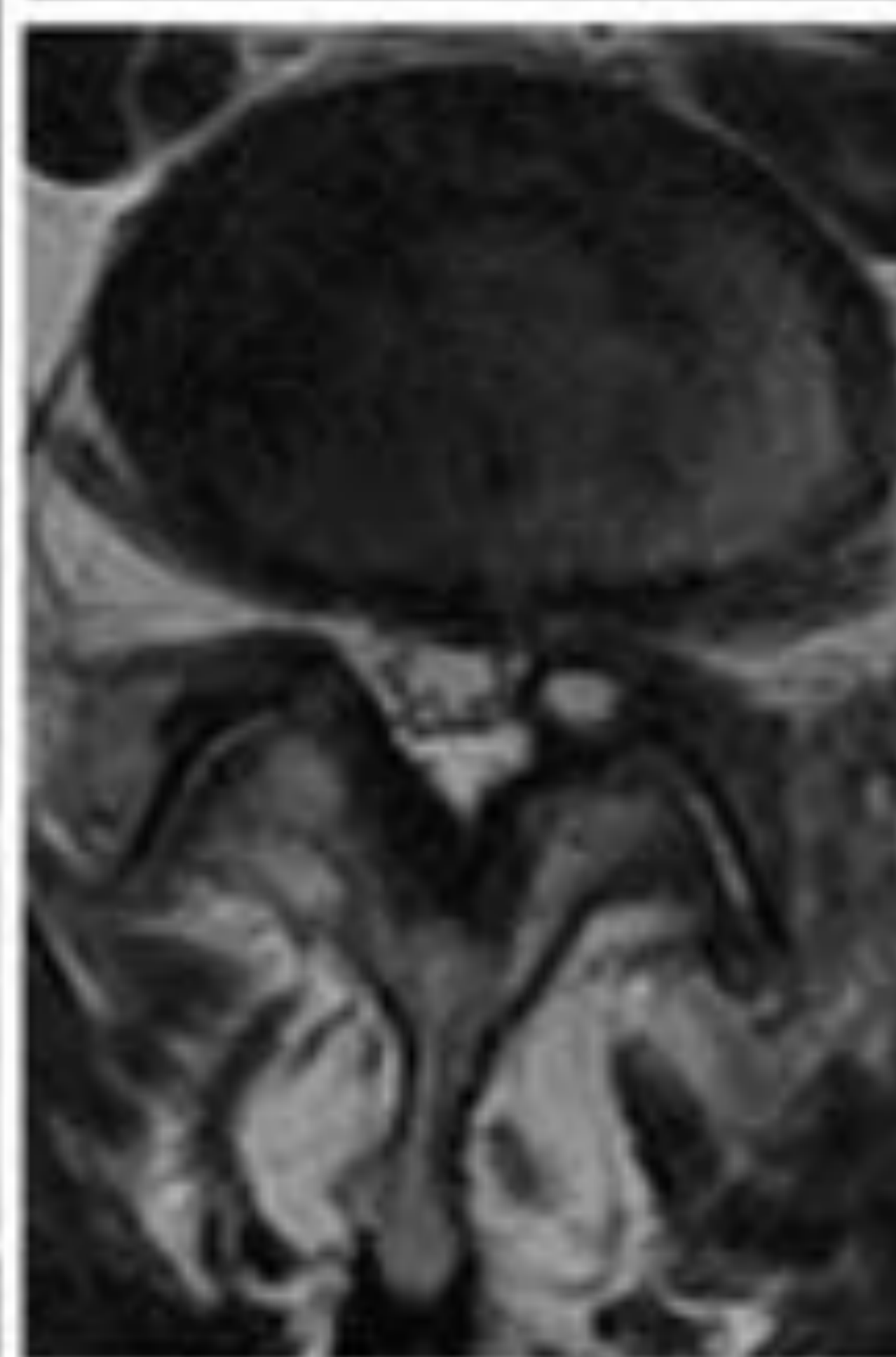
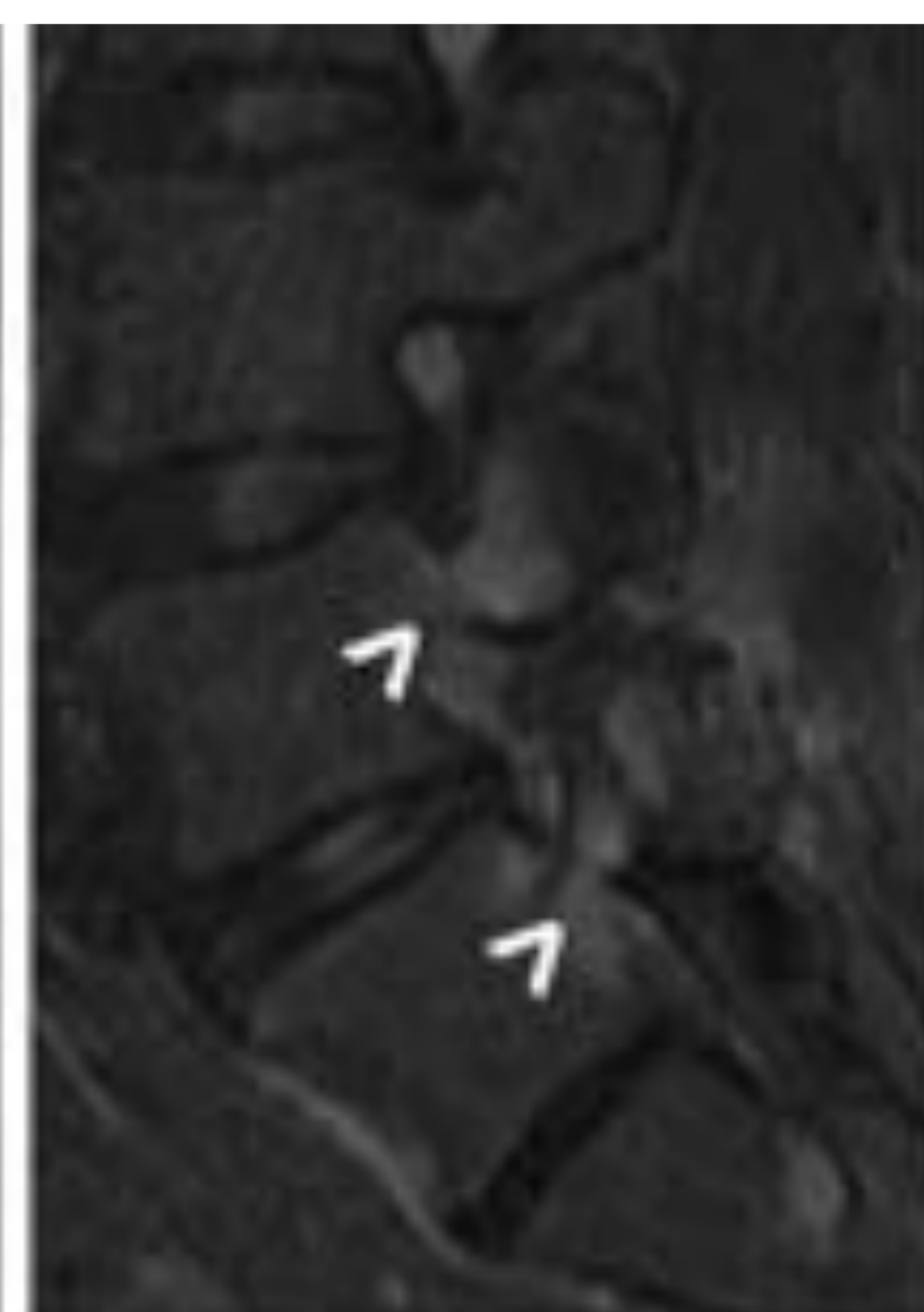
A.2. REPERCUSIÓN SOBRE ELEMENTOS POSTERIORES

Al igual que sucede en el espacio discal, se va a producir una transferencia del estrés mecánico sobre los elementos posteriores en los niveles situados por encima del nivel de transición anómalo.

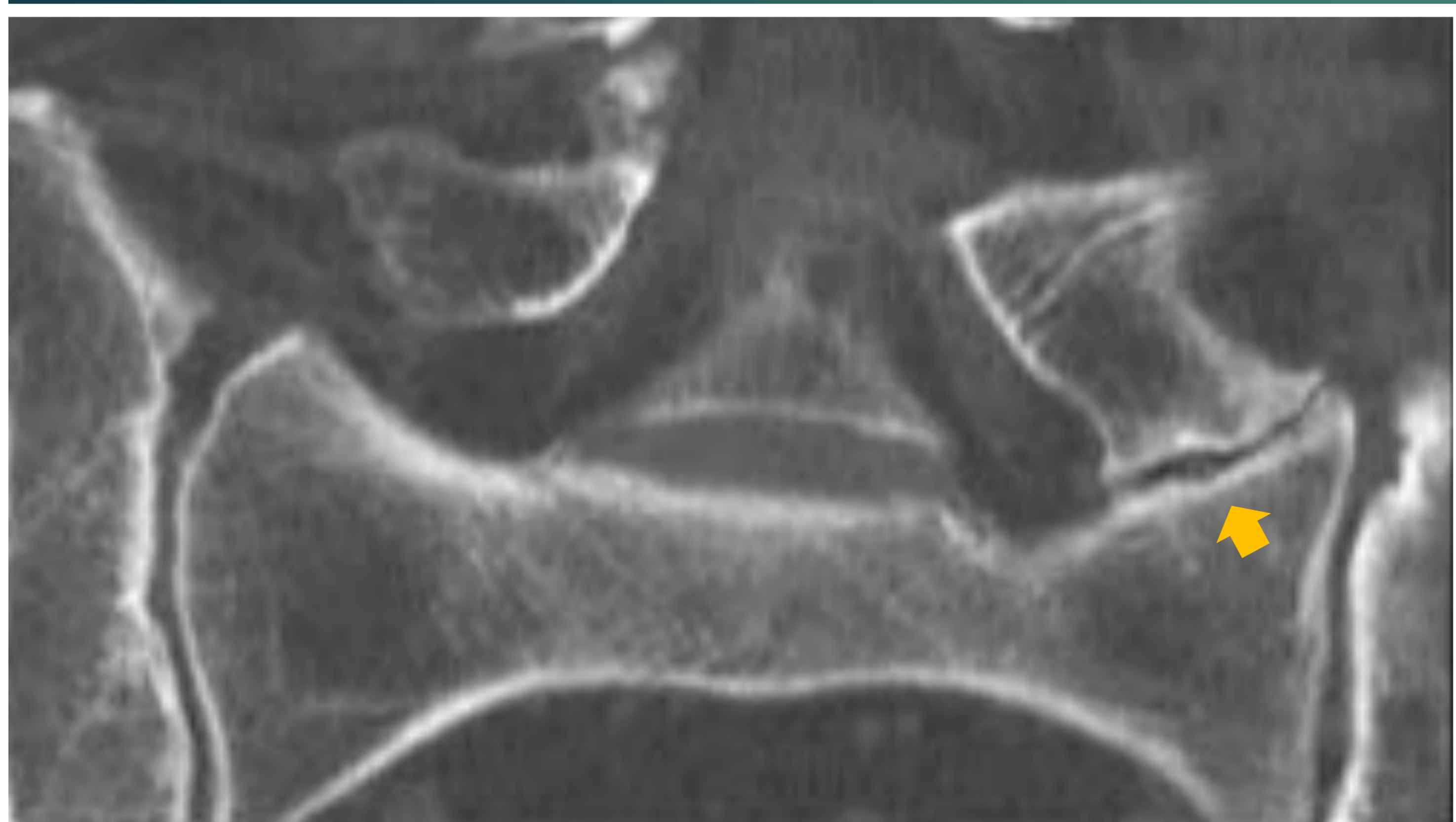
Paciente con **lumbarización de S1 incompleta** mediante megaapófisis transversa derecha que articula (↘) con el sacro (Tipo IIA de Castellvi).

En este caso, el último disco presente (S1-S2) está preservado con sobrecarga mecánica sobre el nivel inmediatamente superior (L5-S1) en el que presenta :

- Asimismo, en el lado izquierdo presenta **sinovitis facetaria aguda** con edema en pedículos L5 y S1 (>) además de edema en partes blandas perifacetarias. Por tanto, en este caso, la sobrecarga facetaria es más severa **contralateral a la articulación aberrante**.



Este paciente con **lumbarización de S1 incompleta unilateral** presenta megaapófisis transversa izquierda que articula (↙) con el sacro por tanto con anomalía tipo IIa de Castellvi. En teoría, en este tipo de anomalía, se sobrecarga la articulación facetaria contralateral en el propio nivel de transición, pero como vemos se identifican discretos cambios hipertróficos degenerativos en el mismo lado donde se sitúa la anomalía transicional (↖) y la articulación facetaria contralateral es normal (↗).



A.2. REPERCUSIÓN SOBRE ELEMENTOS POSTERIORES

ESPONDILOLISIS

En el caso de **ESPONDILÓLISIS**, no se ha demostrado que la presencia de una VTLS comporte un aumento de su incidencia pero si un aumento del grado del deslizamiento anterior de la vértebra por tanto condiciona una **espondilolistesis más severa**. También se produce un cambio en su distribución con afectación como podemos ver en los siguientes casos:




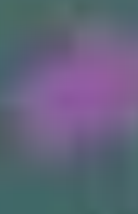

Paciente de 40 años con **lumbarización incompleta unilateral de S1** presentando megaapófisis transversa izquierda que articula (👆) con ala del sacro homolateral (tipo IIA de clasificación de Castellvi).

El nivel de transición lumbosacro anómalo (S1-S2) está preservado (👉) con presencia de espondilólisis bilateral (👉) en el nivel inmediatamente superior (L5-S1) con presencia de espondilolistesis istmica grado II que condiciona compresión intraforaminal de la raíz L5 como se muestra en imagen parasagital de RM potenciada en T2 (👉).





En este otro paciente de 36 años se objetiva **sacralización completa de L5** con presencia de megaapófisis transversa bilateral que articula () con ala del sacro en ambos lados (**tipo IIB de la clasificación de Castellvi**).

En este caso el nivel de transición lumbosacro anómalo se sitúa en L5-S1 estando preservado, con espondilólisis bilateral () en el nivel inmediatamente superior (L4-L5) con presencia de listesis intersomática grado II secundaria que condiciona estenosis foraminal () con menor compromiso radicular que en el caso anterior.



¡IMPORTANTE RECORDAR:

En la población general, la mayoría de los casos con espondilolisis se afecta el nivel L5 (95 %). Como hemos visto en los ejemplos anteriores, ante la presencia de una VTLS se produce un cambio en su distribución con afectación del nivel L4 en caso de sacralización de L5 (con listesis secundaria L4-L5) y con lisis ístmica en L5 en caso de lumbarización de S1 (con listesis L5-S1). Por tanto **ante la presencia de un nivel poco habitual de espondilolisis tendremos que descartar la presencia de vértebra transicional lumbosacra.**

B. VÉRTEBRA TRANSICONAL LUMBOSACRA SINTOMÁTICA: INESTABILIDAD EN NEOARTICULACIÓN TRANSVERSA-SACRO

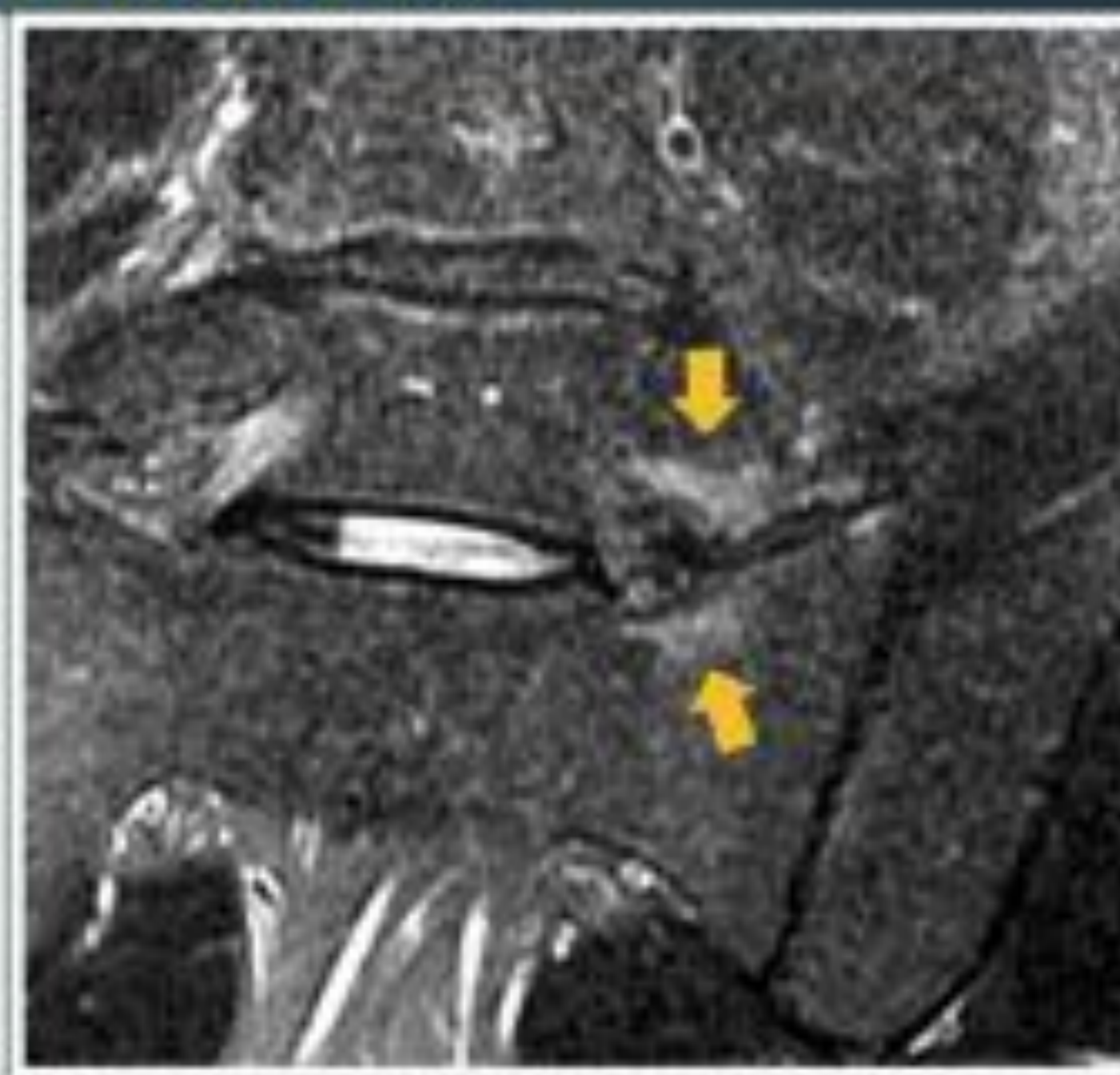
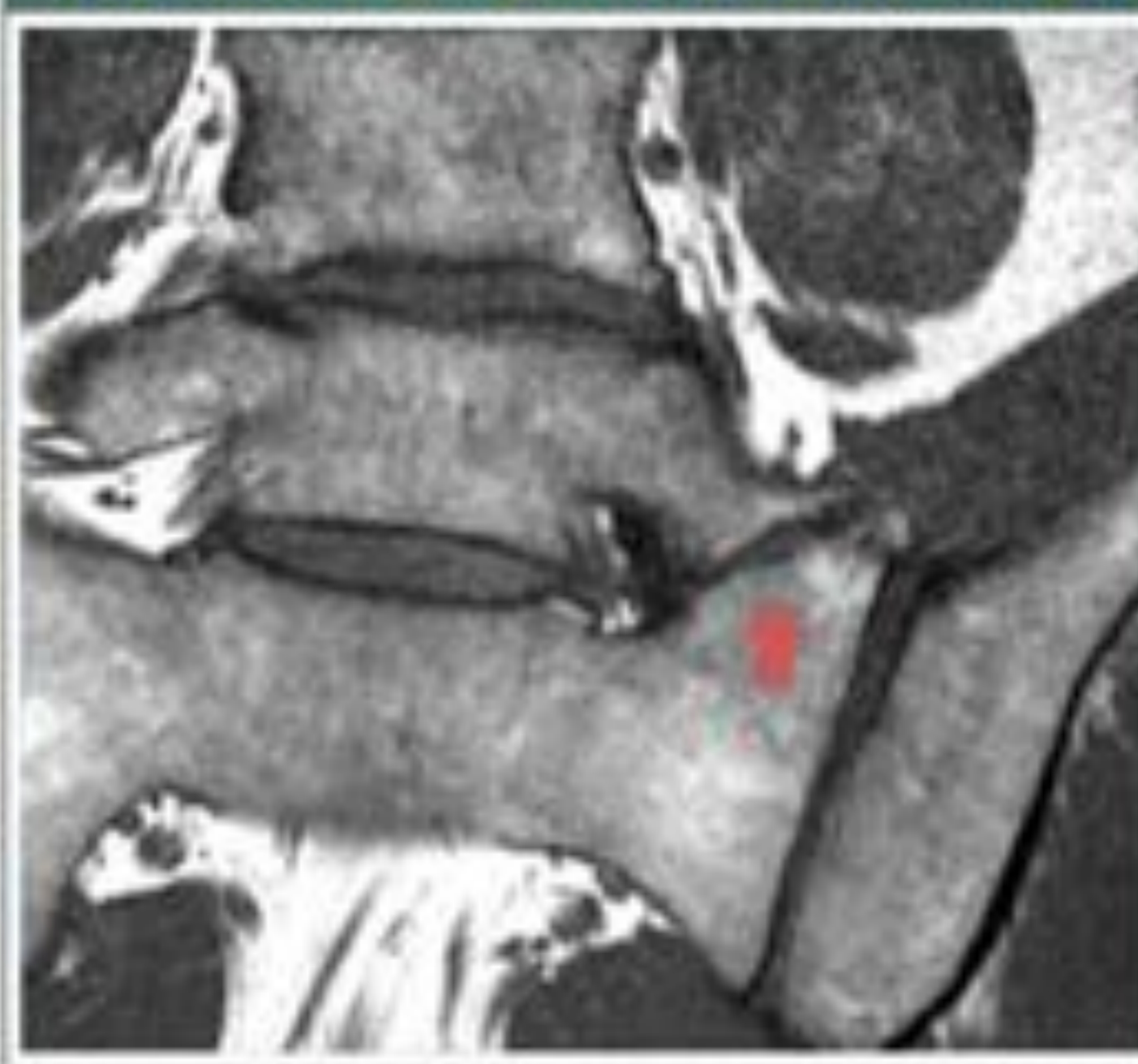
Cuando una VTLS con megaapófisis transversa articula con el sacro o cresta ilíaca (**tipo II de la clasificación de Castellvi**) el estrés mecánico en dicha neoarticulación puede condicionar que evolucione a una **SEUDOARTROSIS SINTOMÁTICA**, los hallazgos radiológicos que nos permiten detectar inestabilidad o estrés mecánico en dicha articulación aberrante son los siguientes:

- Se demuestran **cambios hipertróficos, formación osteofitaria y esclerosis** en sus márgenes en los estudios de RM, TC y en radiología simple.
- En los márgenes de dicha articulación transversa-sacro se demuestra reacción de estrés o cambios artríticos en el estudio de RM en forma de **edema o realce tras la administración de gadolinio**.
- También se demuestra un **aumento de captación en sus márgenes en el estudio gammagráfico** especialmente en SPECT.
- Se puede realizar una inyección diagnóstica con anestésicos en dicha neoarticulación guiada por TC o fluoroscopia y comprobar si se produce una mejoría significativa del dolor c tras la inyección.



IMPORTANTE RECORDAR:

Se ha publicado que un 80 % de pacientes jóvenes con lumbalgia y VTLS presentaba captación gammagráfica en los márgenes de esta articulación transverso-sacra. De ellos, el 63 % no presentaba otro hallazgo que justificase la clínica sugiriendo que el estrés mecánico en esa articulación contribuía a la lumbalgia del paciente. Por tanto hay que **tener siempre presente esta entidad en el diagnóstico diferencial de lumbalgia baja y/o dolor sacroiliaco, especialmente en pacientes jóvenes.**

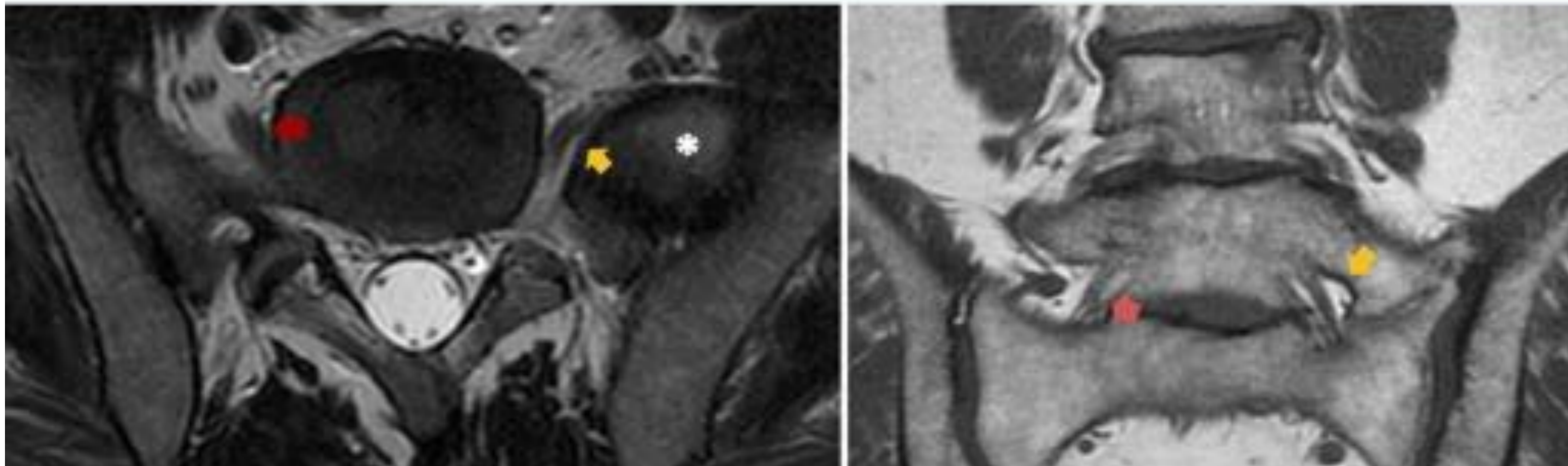


B. VÉRTEBRA TRANSICIONAL LUMBOSACRA SINTOMÁTICA: COMPRESIÓN RADICULAR EXTRAFORAMINAL

La presencia de megaapófisis transversa uni o bilateralmente en la vértebra transicional condiciona una ocupación del canal paravertebral formando un margen óseo en la zona por donde sale la raíz del nivel de transición lumbosacro.

Este paciente con **lumbarización de S1 incompleta unilateral** presenta megaapófisis transversa izquierda que ocupa espacio paravertebral izquierdo (*) y que forma un margen óseo (➡) en el trayecto de salida de la raíz del nivel de transición.

En el lado contralateral normal sin megaapófisis se ve la salida de la raíz (➡) que no está limitada por un canal con márgenes óseos susceptible de estenosis.



IMPORTANTE RECORDAR:

- Puesto que en los estudios de RM habitualmente no se suelen incluir imágenes en el plano coronal, es útil **en el plano axial valorar si existe ocupación del espacio paravertebral** con el fin de descartar la presencia de megaapófisis transversa.

VARIANTE IMPORTANTE QUE TENEMOS QUE TENER EN CUENTA:

Se ha demostrado que **la raíz nerviosa L5 funcional se origina en el segmento móvil más caudal**. Por tanto:

- cuando se produce un sacralización de L5, la raíz nerviosa L4 suple la función habitual de la raíz L5
- y de la misma forma, cuando se produce una lumbarización de S1, dicha raíz S1 funcionalmente actúa como la raíz L5.

Es importante tanto radiólogos como para clínicos **conocer esta variación funcional de las raíces para llevar a cabo una precisa correlación entre los hallazgos en imagen y la clínica radicular** con el fin de evitar procedimientos quirúrgicos y/o intervencionistas en un nivel equivocado.

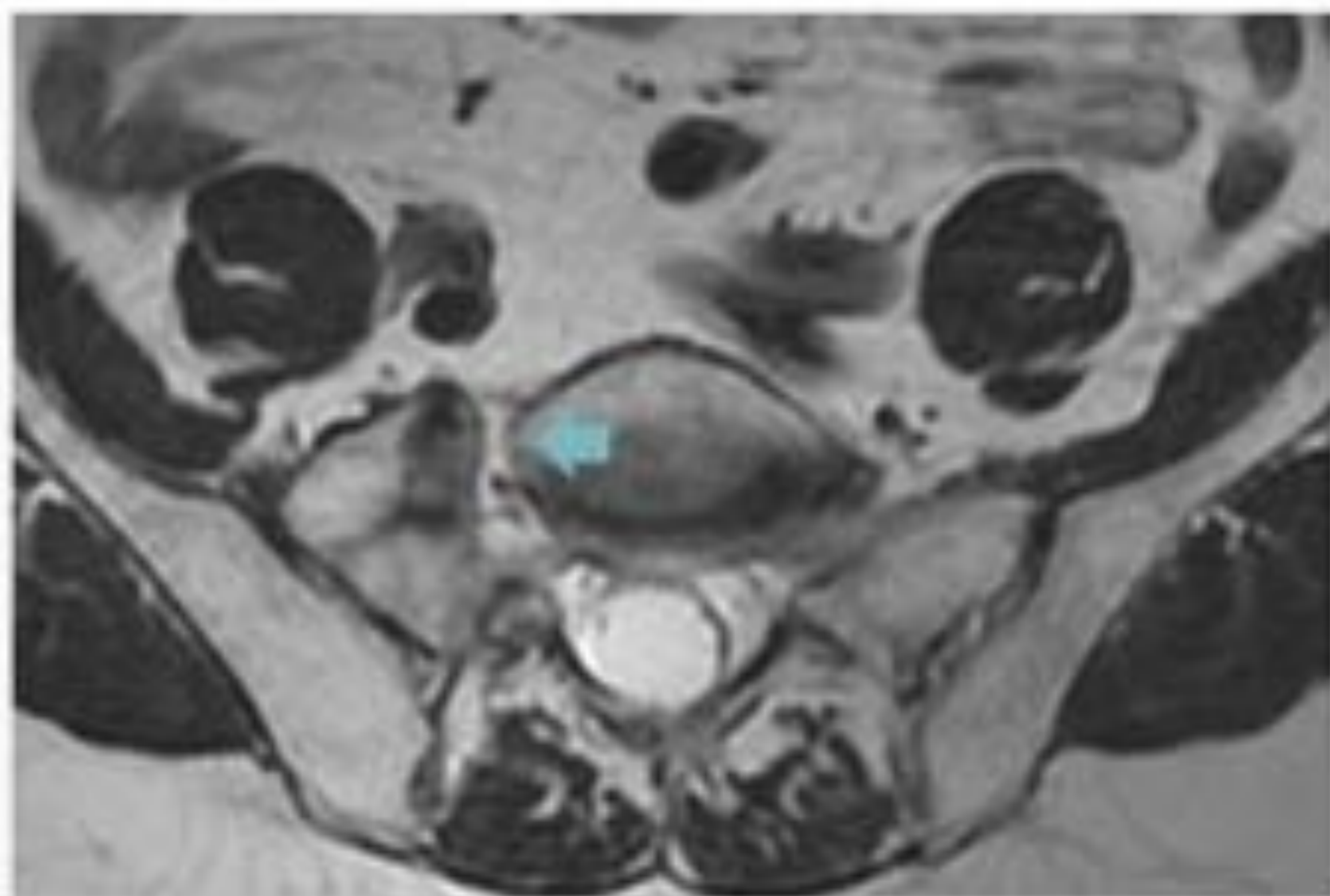
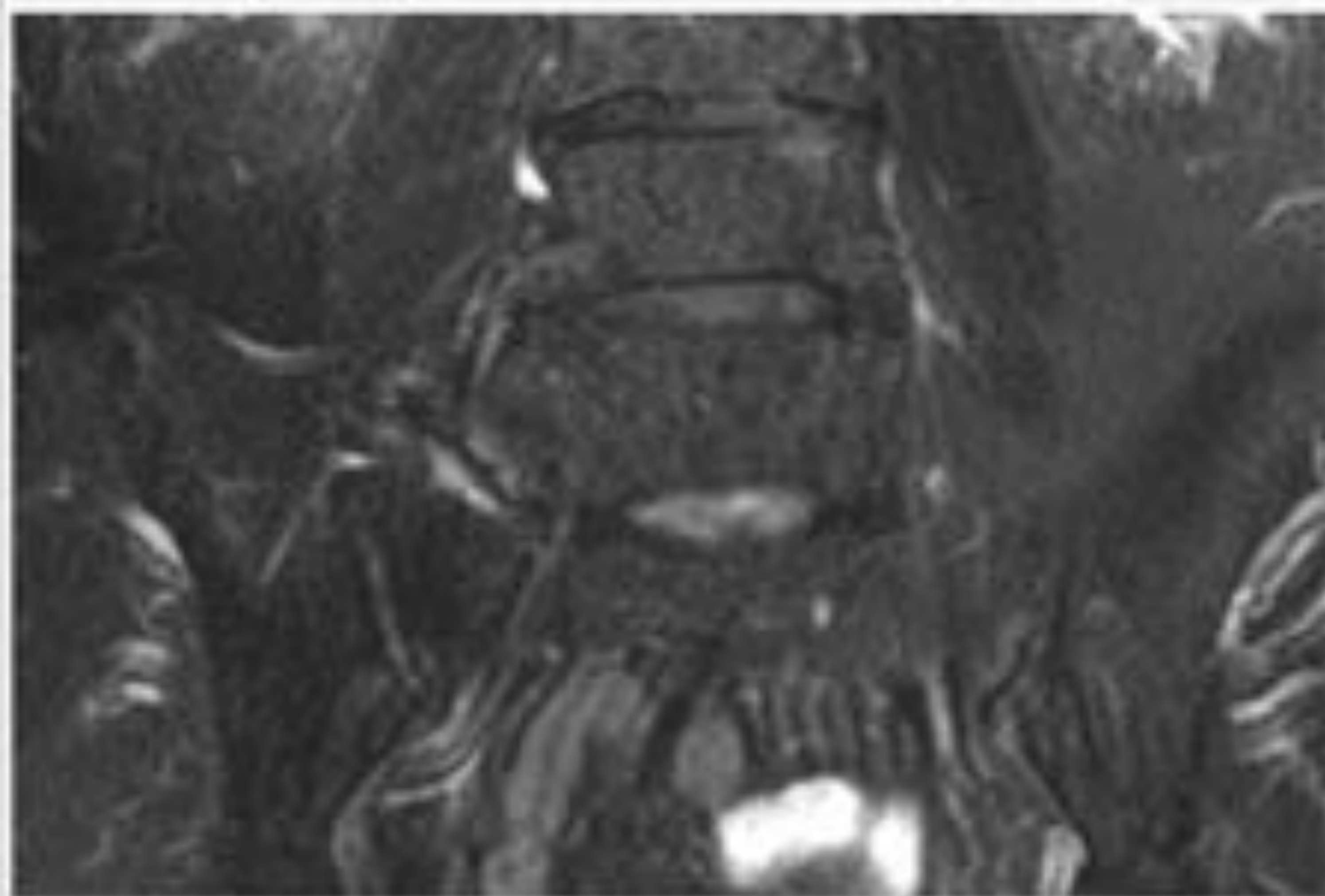
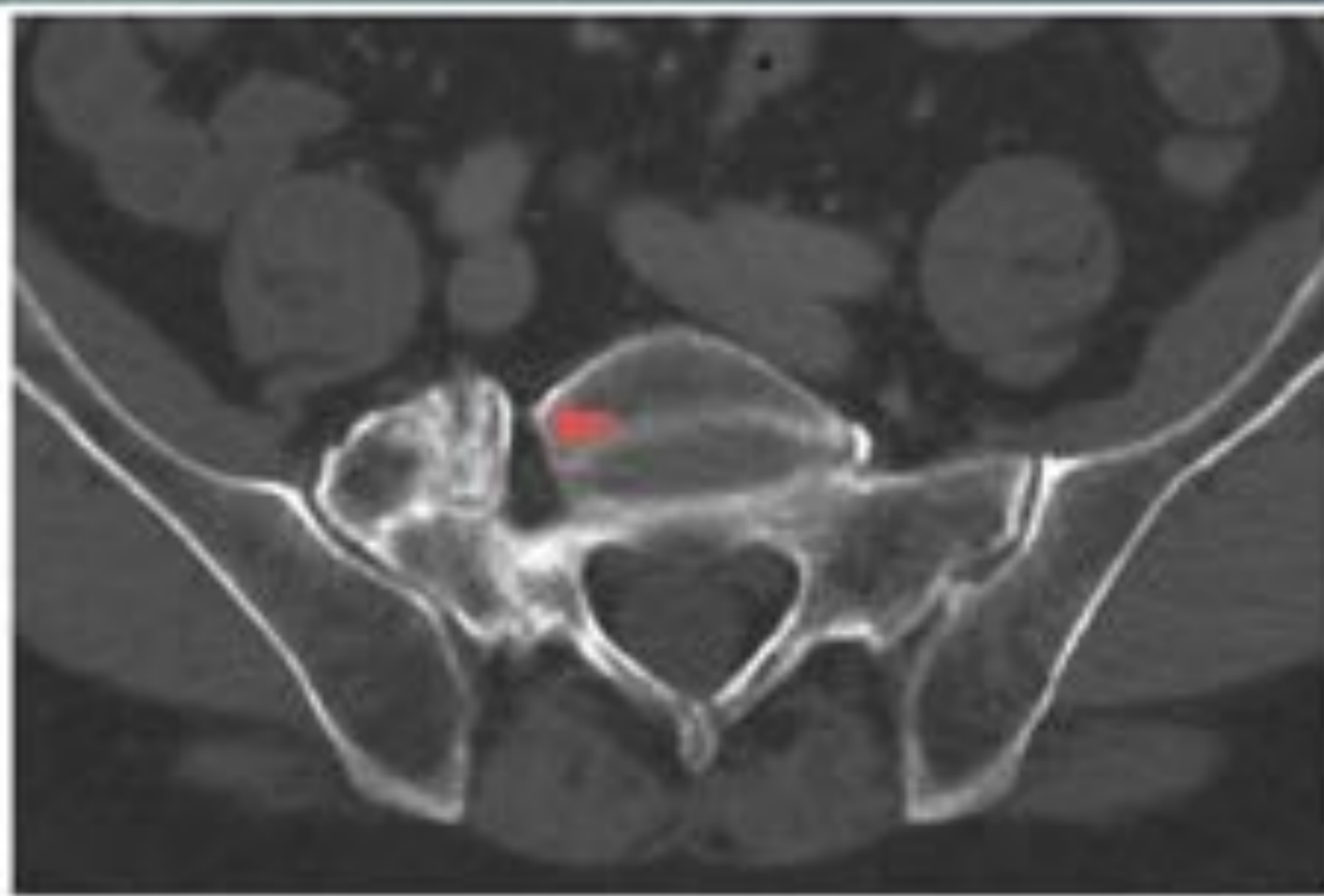
B. VÉRTEBRA TRANSICIONAL LUMBOSACRA SINTOMÁTICA: COMPRESIÓN RADICULAR EXTRAFORAMINAL

Aquellos pacientes que presentan una VTLS con pseudoartrosis transversa-sacro (**tipo II o IV de Castellvi**) pueden asociar neoformación ósea en los márgenes dicha pseudoartrosis como respuesta al estrés mecánico crónico. Esta neoformación ósea puede comprimir y desplazar la raíz que surge por debajo de la vértebra transicional y por tanto dando origen a una **estenosis extraforaminal con compromiso radicular**.

IMPORTANTE RECORDAR:

En un estudio reciente, se ha demostrado que ante la presencia de una VTLS con anomalía Tipo II de Castellvi se produce una compresión radicular extraforaminal por debajo de la vértebra transicional con una prevalencia del 13 % de los pacientes y que puede ser sintomática hasta en un 70 % de estos pacientes.

Por tanto **ante la presencia de una unión incompleta transversa-sacro (tipo II de Castellvi) revisar siempre la salida de la raíz por debajo de la vertebra transicional para descartar su compresión extrínseca.**

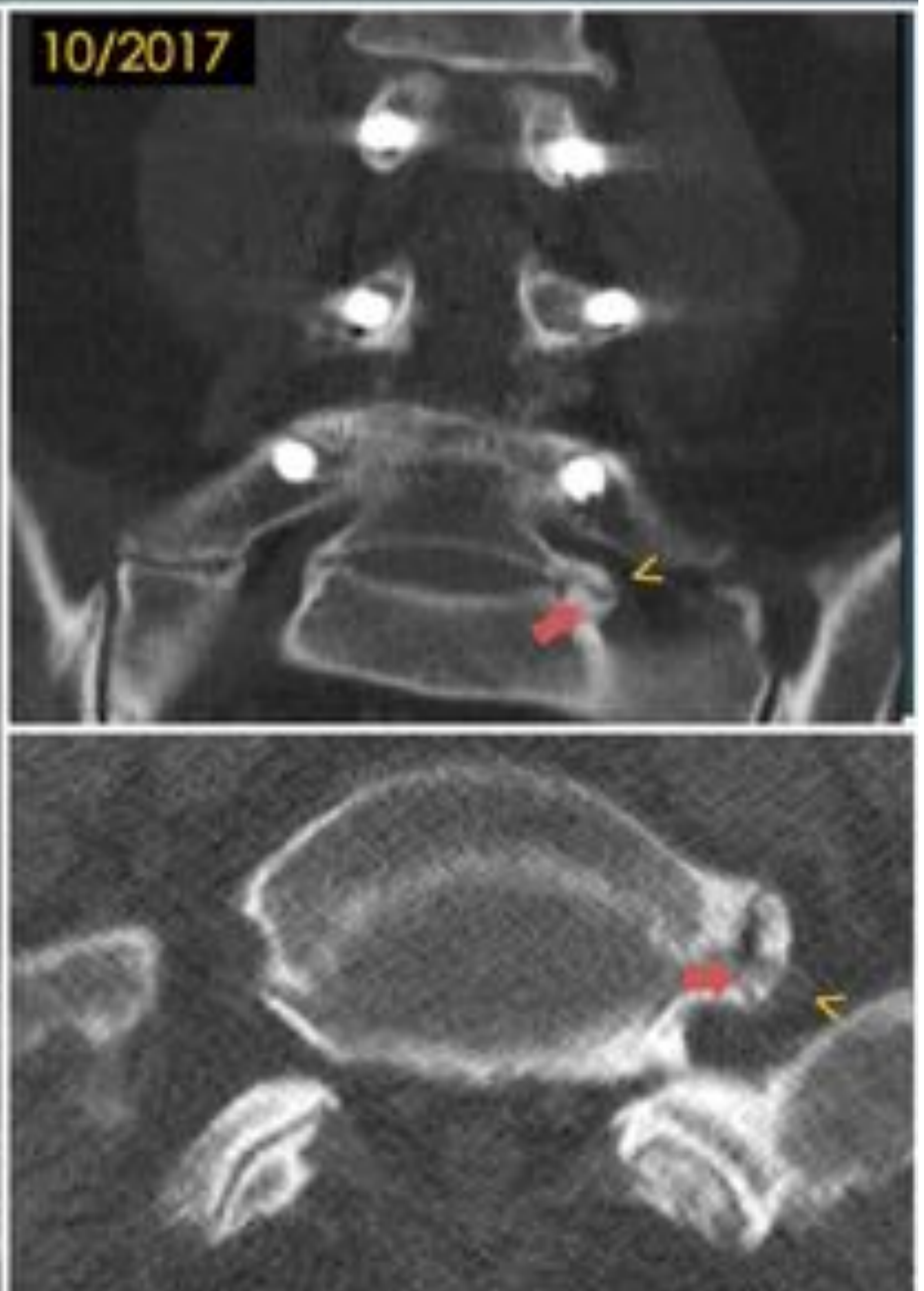


B. VÉRTEBRA TRANSICIONAL LUMBOSACRA SINTOMÁTICA: COMPRESIÓN RADICULAR EXTRAFORAMINAL

IMPORTANTE RECORDAR:

Siempre revisar la emergencia radicular en el nivel inmediatamente por debajo de la **vértebra de transición**, especialmente en estos dos escenarios pre y postquirúrgico:

- En un paciente que va a ser sometido a una fijación quirúrgica de los niveles móviles por encima de la VTLS **descartar si también presenta compresión extraforaminal**. Si está presente, la raíz tendrá que ser descomprimida quirúrgicamente y probablemente la fusión incluirá también el nivel de transición. Si dejamos una causa que contribuye a la radiculopatía es probable que el resultado quirúrgico no sea el esperado.
- En otro supuesto, si un paciente ya presenta fusión quirúrgica de los niveles móviles por encima de la VTLS, dicho bloque quirúrgico condiciona una **aumento de la inestabilidad entre la vertebra de transición y el sacro con cambios degenerativos secundarios**. Si se forman osteofitos éstos pueden condicionar una compresión radicular extraforaminal y por tanto dando origen a una nueva causa radiculopatía que deber ser diagnosticada.



CONCLUSIONES

- La presencia de una anomalía transicional lumbosacra es muy prevalente y a pesar de ello en muchas ocasiones no viene reflejada en el informe radiológico.
- La detección de estas anomalías es importante ya que están implicadas en una amplia variedad de cuadros sintomáticos.
- Dado que se produce un cambio de toda la configuración anatómica de la vértebra transicional tenemos múltiples hallazgos radiológicos para su detección y con las clasificaciones descritas podemos hacer una correcta tipificación.
- No solo es importante detectar una VTLS, además tenemos que llevar a cabo una correcta numeración de los niveles vertebrales, tarea que será primordial para evitar procedimientos quirúrgicos o intervencionistas en un nivel incorrecto.
- En los estudios con RM esta tarea es más difícil por ello será necesario prestar más atención para reconocer los indicios morfológicos o la diferente distribución de la patología que nos permite sospechar esta anomalía. En esta labor de numeración de niveles vertebrales y caracterización de las anomalías, la correlación con la radiología simple es imprescindible.
- Tener presentes los cuadros clínicos secundarios a la presencia de una VTLS tanto para ser incluidos en el diagnóstico diferencial de otras entidades (sacroileítis) como para conocer que implicaciones van a tener cuando están presentes en pacientes candidatos a la cirugía.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- Konin GP, Walz DM. Lumbosacral transitional vertebrae: classification, imaging findings, and clinical relevance. AJNR American journal of neuroradiology. 2010;31(10):1778-86.
- Nardo L, Alizai H, Virayavanich W, Liu F, Hernandez A, Lynch JA, et al. Lumbosacral transitional vertebrae: association with low back pain. Radiology. 2012;265(2):497-503.
- Porter NA, Lalam RK, Tins BJ, Tyrrell PN, Singh J, Cassar-Pullicino VN. Prevalence of extraforaminal nerve root compression below lumbosacral transitional vertebrae. Skeletal radiology. 2014;43(1):55-60.
- Jancuska M, Spivak JM, Bendo JA. Review of symptomatic lumbosacral transitional vertebrae: Bertolotti's síndrome. Int J Spine Surg, 9 (2015), pp. 42
- Chang HS, Nakagawa H. Altered function of lumbar nerve roots in patients with transitional lumbosacral vertebrae. Spine 2004 ; 29 : 1632-1635.