

ARTÍCULO ESPECIAL

Alteraciones de la alineación vertebral



CrossMark

M.T. Veintemillas Aráiz*, V.P. Beltrán Salazar, L. Rivera Valladares,
A. Marín Aznar, P. Melloni Ribas y R. Valls Pascual

SDI-UDIAT Hospital Universitario Parc Taulí, Universidad Autónoma de Barcelona, Sabadell, Barcelona, España

Recibido el 2 de junio de 2015; aceptado el 15 de enero de 2016

Disponible en Internet el 12 de marzo de 2016

PALABRAS CLAVE

Desalineación
vertebral;
Escoliosis;
Balance coronal;
Balance sagital;
Radiografía

Resumen Las desalineaciones de la columna vertebral constituyen un motivo de consulta muy frecuente en atención primaria y servicios especializados. Las etiologías son diversas e influyen múltiples factores: en la adolescencia, la desalineación más frecuente es la escoliosis, de causa idiopática (80%) y normalmente asintomática. En la edad adulta, la causa más frecuente es la degenerativa. Es importante conocer la historia natural y detectar posibles factores predictivos de progresión. El correcto diagnóstico de las deformidades vertebrales requiere de estudios radiológicos concretos. El grado de deformidad determina el tipo de tratamiento. El objetivo es prevenir la progresión de la deformidad, recuperar la flexibilidad y el balance del cuerpo.
© 2016 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Spinal misalignment;
Scoliosis;
Coronal balance;
Sagittal balance;
Plain-film X-ray

Changes in spinal alignment

Abstract Spinal misalignments are a common reason for consultation at primary care centers and specialized departments. Misalignment has diverse causes and is influenced by multiple factors: in adolescence, the most frequent misalignment is scoliosis, which is idiopathic in 80% of cases and normally asymptomatic. In adults, the most common cause is degenerative. It is important to know the natural history and to detect factors that might predict progression. The correct diagnosis of spinal deformities requires specific imaging studies. The degree of deformity determines the type of treatment. The aim is to prevent progression of the deformity and to recover the flexibility and balance of the body.

© 2016 SERAM. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

* Autor para correspondencia.

Correos electrónicos: mveintemillas@tauli.cat, mveintemillas@gmail.com (M.T. Veintemillas Aráiz).

Introducción

La columna vertebral es una estructura compleja tridimensional osteofibrocartilaginosa en la que, desde el punto de vista mecánico, los cuerpos vertebrales se disponen armónicamente adoptando un eje relativamente recto en el plano coronal y axial, y ejes suavemente curvos en el plano sagital.

La deformidad de la columna puede aparecer en un solo plano o combinando los tres planos. Las formas básicas de deformidad son: las escoliosis en el plano coronal, y el aumento o disminución de la cifosis y lordosis en el sagital. La combinación de las desviaciones en el plano sagital y coronal son la cifoescoliosis y la escoliolordosis.

La condición humana tiene la capacidad de adaptarse y activar unos cambios compensatorios para mantener un equilibrio neutro coronal y sagital. El objetivo final es mantener el balance cefálico y el centro de gravedad sobre la pelvis^{1,2}. La evaluación clínica es el punto de partida para el diagnóstico de las deformidades de la columna vertebral. Siempre debe ser apoyada por una evaluación radiológica. La radiología simple (Rx) constituye uno de los pilares en el diagnóstico, junto con la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM), que además ayudan al manejo posterior. A lo largo de este capítulo se intenta conocer mejor la etiología, biomecánica, clasificación, nomenclatura, diagnóstico y manejo de las desalineaciones de la columna vertebral.

Etiología

Existen múltiples causas que pueden provocar alteraciones en la alineación de la columna vertebral tanto en el plano coronal como sagital, y varían según la edad (tabla 1).

La causa más frecuente de escoliosis es la idiopática (80%) y suele presentarse en la adolescencia³. Se define como la desviación lateral de la columna en el plano coronal más de 10°, en un paciente sano sin lesión neurológica o muscular subyacente y sin alteraciones radiológicas que justifiquen la anomalía^{4,5}.

Las alteraciones a nivel lumbar son, en la mayoría de los casos, de causa degenerativa. También hay que tener en cuenta en el adulto las deformidades secundarias a traumatismos, fracturas por aplastamiento y acñaamiento (aumento de la cifosis dorsal), causas posquirúrgicas, infecciones, neoplasias y espondilitis anquilosante, entre las más frecuentes⁶.

El síndrome de desequilibrio exclusivo sagital es el resultado final de las escoliosis y cifosis evolucionadas, en el cual los mecanismos compensadores son incapaces de mantener el equilibrio y el paciente adopta una postura inclinada hacia delante¹.

Biomecánica de la evolución

La progresión de las curvas cifoescolióticas depende del grado de madurez esquelética y de la deformidad estructural de los cuerpos vertebrales. Esta teoría se basa en la ley de Hueter-Volkman, que establece que existen dos fuerzas que determinan el crecimiento óseo: la fuerza compresiva y la fuerza tensional. La compresión retarda el crecimiento

Tabla 1 Clasificación etiológica de la escoliosis

<i>Idiopática</i>	
Infantil	0–3 años
Juvenil	4–10 años
Adolescente	10–18 años
Adulto	
<i>Congénita</i>	
Osteopática	Vértebra cuneiforme, hemivértebra, coalición vertebral
Neuropática	Siringomielia, diastematomielia, síndrome de médula anclada, malformación de Chiari, mielomeningocele, otras
<i>Desarrollo</i>	
Displasia esquelética	Acondroplasia
Disostosis esquelética	Neurofibromatosis, osteogénesis imperfecta, Marfan, Ehlers-Danlos, otras
<i>Neuromuscular</i>	
Neuropática adquirida	Parálisis cerebral, degeneración espinocerebral, poliomielitis
Miopática	Distrofias musculares de varios tipos (Duchenne)
<i>Asociada a Tumores</i>	
Óseos	Osteoblastoma, osteoma osteoide
Extraóseos	Extramedular (neurofibroma) Intramedular (astrocitoma)
<i>Misceláneas</i>	
Posirradiación	
Postrumática	
Posinfecciosa	
Posquirúrgica	
Otras	

y la tensión, sinónimo de distracción o fuerza de separación, acelera el crecimiento¹.

Globalmente las vértebras y discos intervertebrales conforman una estructura ósea flexible. La parte anterior de la columna vertebral soporta la fuerza compresiva axial. Durante el movimiento la tensión recae sobre la parte posterior de la columna. En la escoliosis, el mecanismo fisiopatológico inicial es una rotación anómala de los cuerpos vertebrales en un segmento de la columna⁶. En la etapa de progresión se suman a la curva inicial mecanismos compensadores osteomusculares que intentan mantener una postura erecta, ya sea aplanando o bien exagerando las curvas fisiológicas contiguas en el plano sagital, generando una deformidad tridimensional que se objetiva en ambos planos.

Una vez vencidos los mecanismos compensatorios, el paciente es incapaz de mantener una postura erecta; este síndrome se conoce como el desequilibrio exclusivo en el plano sagital⁷.

Clínica

La escoliosis idiopática rara vez causa dolor en niños y adolescentes. A menudo consultan por una deformidad o asimetría en los hombros, prominencia asimétrica de las escápulas, gibosidad posterior, deformidad de la caja torácica, dismetría pélvica o de extremidades inferiores, asimetría de pliegues, incluso deformidades en los pies y diferencias en la huella plantar⁸. Los síntomas clínicos normalmente aparecen en la edad adulta y dependen del nivel donde está localizada la curvatura máxima. La escoliosis lumbar de origen degenerativo causa dolor de espalda,

mientras que la torácica produce restricción de la función pulmonar cuando el ángulo es mayor de 70°.

Diagnóstico

Clínico

El diagnóstico se realiza inicialmente mediante la *exploración física*. En el plano coronal se valora la posición de los hombros, escápulas, caja torácica anterior y posterior, abdomen, oblicuidad pélvica y extremidades. En el perfil

Tabla 2 Características técnicas radiológicas

	Parámetros técnicos en radiología analógica y radiología computarizada (CR)	Parámetros técnicos en radiología digital directa
Sistema radiográfico	Chasis/ <i>film</i> convencional con pantalla de refuerzo gradual con velocidad de hasta 600-800 par. Chasis CR de velocidad 600-800	Detector digital plano (<i>x-ray flat-panel digital detector</i>)
Distancia foco-placa	1,80-2 m	1,80 m
Chasis / campo	Chasis de 35 × 43 o 30 × 90 dependiendo de la altura del paciente	Ajustar/limitar el campo de detección a la región anatómica Suele requerir la suma de 1-2 imágenes/adquisiciones con superposición parcial del campo irradiado
Rejilla (R) antidisfusa	R: 8 (8:1) o la integrada en el chasis radiográfico especial	R: 12 (12:1)
Colimación	En Rx PA y L de C7 a sacro incluyendo crestas ilíacas y la totalidad de la curva dentro del haz de radiación. En Rx L centrar en columna y colimar para evitar exponer mamas	En Rx PA de C7 a sacro y sin protección mamaria adicional, ya que puede comprometer el correcto funcionamiento del AEC-APR. En Rx L centrar en columna y colimar para evitar exponer mamas
Centrado	Haz de rayos perpendicular y centrado en el punto medio de la columna	El mismo que en convencional
Protección gonadal	Sí, para protegerlas de la radiación dispersa. Sobre el paciente perpendicular a la incidencia del haz en la región de las gónadas	Sí, para protegerlas de la radiación dispersa. Sobre el paciente perpendicular a la incidencia del haz en la región de las gónadas
Protector mamario	Radiopaco a la salida del haz a modo de colimación añadida en la proyección PA. En escoliosis muy severa no se debería colocar el colimador mamario para evitar interposición sobre columna	Generalmente no indicado; evitar en equipos digital directo usando AEC
Marcaje lateralidad	Colocar letra plomada mejor que añadir anotación gráfica	Verificar/seleccionar el APR apropiado (escoliógrama PA)
Técnica de exposición radiográfica	La técnica se ajusta según el rendimiento del sistema de radiología con parámetros recomendados para baja dosis	Siempre usar el APR específico optimizado para el propio equipo
Proyección PA	Mantener unos 90-95 kVp y mAs lo más bajo posible (12-16 mAs o inferior)	75-95 kVp ajuste final según peso/edad del paciente
Proyección lateral	Mantener unos 90-95 kVp y mAs lo más bajo posible (20-32mAs o inferior)	Sensibilidad del detector a 400 EI o superior (entre 600-800 EI)

CR: radiología computarizada; R: rejilla; Rx PA: radiografía posteroanterior; Rx L: radiografía lateral; AEC: *automatic exposure control* (ajustes automáticos de exposición); APR: *anatomically programmed radiography* (programas preconfigurados por anatomía); kVp: kilovoltaje pico; mAs: intensidad en miliamperaje/segundo; mGy: miliGray. EI: *exposure index* (índice de exposición equivalente para sistemas digitales).

se evalúan las tres curvas fisiológicas de la columna. Otros hallazgos, como por ejemplo anomalías en la pigmentación cutánea y en el vello, pueden orientar hacia patología neurológica subyacente. También se usa el *test de ADAM* (test de inclinación hacia delante)⁸ y el escoliómetro para *screening* inicial^{8,9}.

Sin embargo, para el diagnóstico es imprescindible realizar pruebas de imagen, como la Rx. Hay grandes avances en diversas técnicas de imagen para completar el estudio de la columna, como la TC y la RM.

Pruebas de imagen

Radiografía simple convencional

La radiografía de la columna vertebral debe realizarse con *exactitud técnica y posicional* del paciente, de modo estandarizado, para que los mismos parámetros puedan ser reproducibles en controles posteriores y sobre las que se puedan realizar las medidas oportunas¹⁰.

A. Radioprotección (tabla 2).

La mama queda dentro del campo de radiación, que es especialmente sensible a esta. Se considera que el periodo de máxima sensibilidad mamaria, durante la formación del brote mamario antes de la menarquia, coincide con la incidencia de la escoliosis y sus numerosos estudios radiográficos. El riesgo asociado a la radiación diagnóstica en las pacientes afectadas de escoliosis produce un incremento de la mortalidad por cáncer de mama respecto a la población no afectada de escoliosis, como se ha constatado en estudios poblacionales, por lo que la proyección de columna siempre se realizará en

bipedestación y posteroanterior (PA), salvo en pacientes que no permitan la posición. Con ello, la dosis al tejido mamario se reduce hasta en un 70-80%. La limitación del campo de estudio por medio de la colimación a los límites de la zona de interés debería realizarse siempre de rutina.

La protección gonadal en ambos sexos, aunque queden fuera del campo principal, es una medida de rutina muy aconsejable^{11,12}.

B. Protocolo.

El estudio de la columna debe realizarse con una radiografía PA y otra radiografía lateral (L). Los estudios de flexibilidad (*bending tests*) deben añadirse en los estudios iniciales, cuando las escoliosis son importantes, en las valoraciones previas a un cambio de tratamiento y previamente a un tratamiento quirúrgico.

- La radiografía de columna completa se realiza con un tubo de rayos x a una distancia de 1,80-2 m, con el haz centrado en T6-T7 y un chasis de 30 × 90 cm. El chasis debe ser lo suficientemente ancho para que en casos con acusadas escoliosis, toda la columna quede incluida en un solo estudio para evitar sumación de imágenes.
- El paciente debe estar en bipedestación, descalzo, con las rodillas y los pies juntos y los brazos caídos paralelos al tronco. Los pacientes que no pueden mantener la bipedestación deben explorarse en sedestación o incluso en algunos casos en suspensión de los hombros, y debe especificarse en el estudio; en los niños muy pequeños se deberá realizar en decúbito^{7,12}.
- En la proyección PA el paciente debe mantener la cabeza erguida mirando al frente. El estudio debe

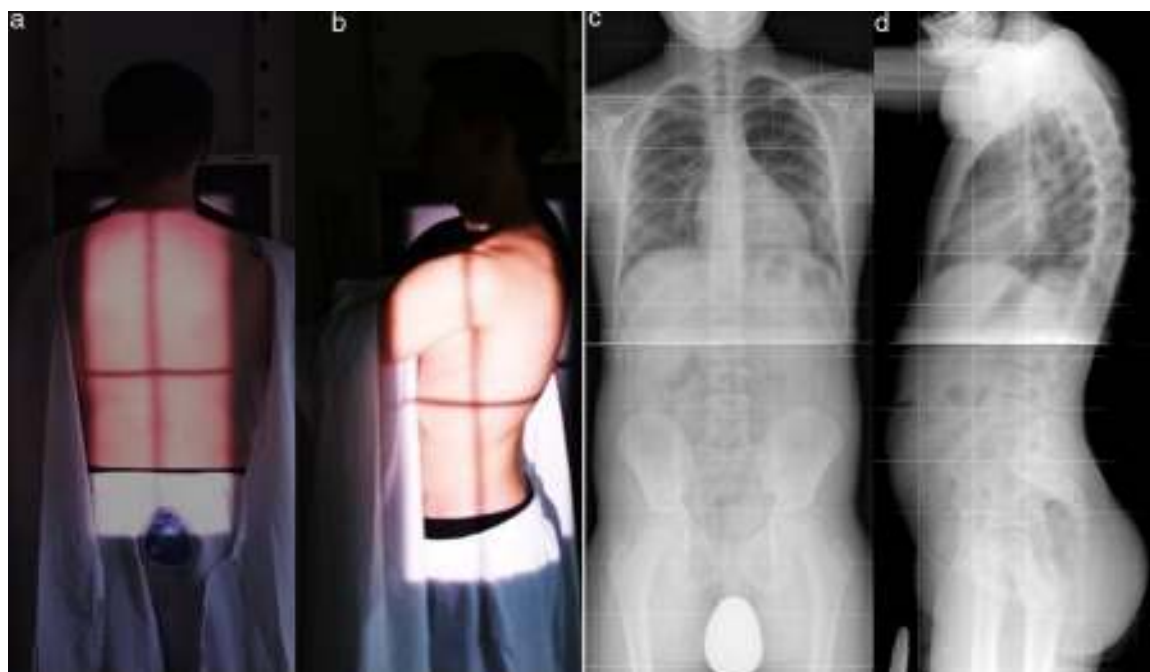


Figura 1 a y b) Paciente realizando las radiografías posteroanterior (PA) y lateral, en bipedestación, con los brazos caídos paralelos al tronco en la PA, y elevados 60°-90° en la lateral. c y d) Radiografía PA y lateral. El estudio colimado debe incluir toda la columna hasta la pelvis, incluyendo crestas ilíacas y cabezas femorales. En niños y adolescentes siempre se coloca un protector de plomo en las mamas y genitales. En nuestro caso el paciente lleva un protector genital.

incluir toda la columna desde la base del cráneo hasta la pelvis, incluidas las cabezas femorales, donde se pueda evaluar morfológicamente y enumerar todos los cuerpos vertebrales. Deben incluir completamente las crestas ilíacas, especialmente en adolescentes, para valorar la maduración ósea. Ante una disimetría de las cabezas femorales mayor de 2 cm, se debe completar el estudio con una telemetría¹⁰.

- En la proyección L el paciente debe levantar los brazos 60-90°, de tal modo que no queden elevadas las escápulas y no rectifique las curvas⁷.

Para valorar el balance sagital, es importante que la proyección lateral incluya desde la base del cráneo hasta ambas cabezas femorales. Se recomienda contar todos los cuerpos vertebrales, donde se detectan muchas anomalías transicionales lumbosacras (fig. 1).

Los controles radiológicos deberían realizarse con corsé solamente para comprobar la correcta adaptación de este. El resto de los controles se realizarán sin corsé (retirado al menos 8 h antes)¹².

C. Tecnología emergente.

El sistema EOS 2D/3D es un nuevo sistema que utiliza bajas dosis de radiación y que no es sensible a la radiación dispersa, lo que mejora la calidad de las imágenes. Permite una adquisición simultánea en plano frontal y sagital, y al mismo tiempo se puede estudiar la columna y las extremidades inferiores permitiendo reconstrucciones 3D posteriores. La discrepancia con mediciones *in vivo* es de 1,5 mm, incluso en casos de deformidades mayores, comparable con las reconstrucciones 3D de la TC. Ya se ha estandarizado su uso para estudiar el balance sagital obteniendo buenos resultados^{13,14}.

Valoración y medidas de las curvas

A continuación se definen una serie de parámetros que ayudan a evaluar el tipo de curvas, la localización, magnitud, gravedad, flexibilidad y grado de maduración del paciente^{2,15} (figs. 2 y 3).

Existen dos líneas de referencia que se deben trazar inicialmente en el plano coronal y sagital:

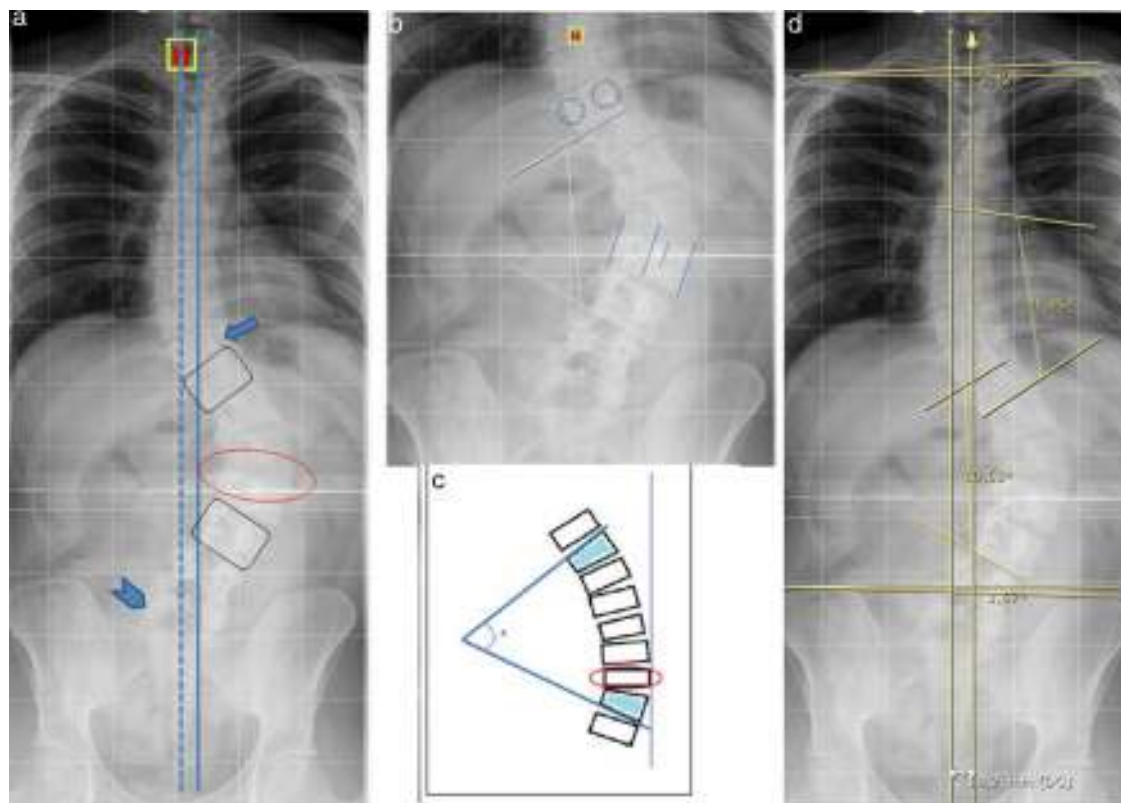


Figura 2 Nomenclatura. a) Radiografía posteroanterior (PA): paciente con doble curva escoliótica, dorsal convexa derecha y lumbar convexa izquierda. La curva lumbar izquierda presenta el ápex en el espacio intervertebral L1-L2 (círculo rojo), vértebra límite superior T11 e inferior L3 (cuadros negros), vértebra neutra T10 (flecha) y vértebra estable L5 (punta de flecha). Línea vertical centro-sacra (línea punteada) y línea vertical o plomada C7 (línea continua). b) Ampliación de la columna lumbar PA de la figura (a): medición del ángulo de Cobb 60° y vértebra neutra T10 que muestra pedículos simétricos (círculos). Rotación de los cuerpos vertebrales grado 3 (clasificación Nash-Moe). Líneas azules en L2. c) Ilustración del ángulo de Cobb. Las líneas azules representan las tangentes del platillo somático superior de la vértebra límite superior y tangente del platillo somático inferior de la vértebra límite inferior que al confluir forman el ángulo de Cobb (A). En círculo rojo vértebra apical de la curva. d) Radiografía PA con mediciones de los ángulos de Cobb de la curva torácica secundaria (41°), curva primaria lumbar (60°), ángulo clavicular (2.4°) y oblicuidad pélvica (1.6°). Balance coronal global neutro (<20 mm). El lector puede ver esta figura a color en la versión electrónica del artículo.

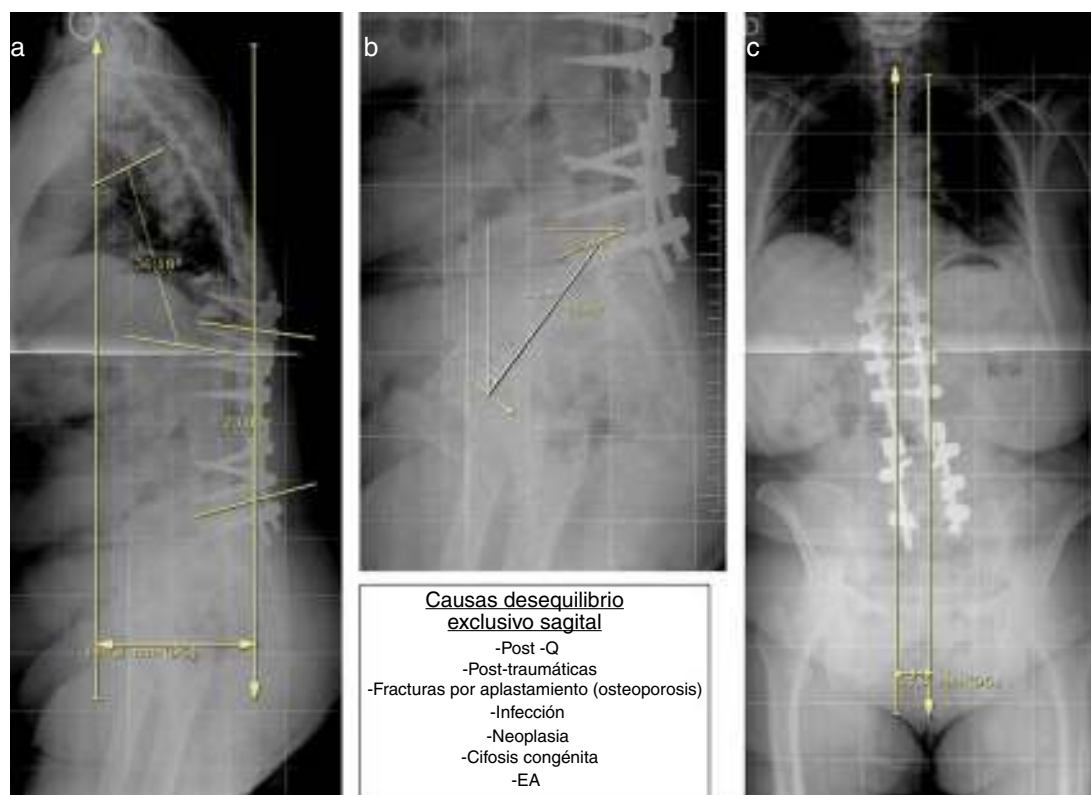


Figura 3 Nomenclatura: paciente con desequilibrio sagital exclusivo. Paciente con fractura-hundimiento de varios cuerpos vertebrales de causa osteoporótica y cambios degenerativos lumbares. a) Radiografía lateral. Signos de cementoplastia en los cuerpos vertebrales hundidos D9 y D11. Artrodesis instrumentada posterior desde D10 a S1. Medición de la cifosis dorsal (36°) y lordosis lumbar (23°-hipolordosis). Balance sagital global positivo: de 14,48 cm. b) Radiografía lateral ampliada de pelvis. Medición de parámetros pélvicos: incidencia pélvica (PI 54°), *Pelvic Tilt* (PT 36° aumentado) e inclinación sacra (SS 22° disminuido). Se adjunta tabla de causas de desequilibrio exclusivo sagital. c) Radiografía posteroanterior. Balance coronal positivo 31 mm. La línea vertical o de plomada C7 (LPC7) pasa a más de 2 cm a la derecha de la línea vertical centro-sacra (LVCS).

1. **Línea vertical centro-sacra (LVCS):** es la que atraviesa el punto medio del platillo superior de S1 en sentido vertical y craneal en la radiografía PA. Permite identificar el ápex de las curvas y es el punto de referencia para la evaluación del balance corporal coronal¹⁵.
2. **La línea vertical o plomada C7 (LPC7)** se traza en la radiografía frontal y lateral desde el centro del cuerpo vertebral C7 en dirección caudal. Permite identificar el ápex de las curvas y es el punto de referencia para la evaluación del balance corporal coronal y sagital de la columna vertebral, respectivamente¹⁶.
3. **Vértebra apical:** es el ápex de la curva escoliótica, que corresponde a la vértebra o espacio intervertebral con mayor desplazamiento lateral de la LVCS o LPC7. Generalmente es la vértebra más rotada. Determina la dirección de la curva; si se sitúa al lado izquierdo o derecho, se denominan curva de convexidad izquierda o derecha, respectivamente. Si la vértebra apical es torácica, se define escoliosis torácica; si la vértebra apical es lumbar, se define escoliosis lumbar, y si corresponde con un espacio intervertebral en la unión entre dos regiones, se denomina curva de transición cervico-torácica o toracolumbar.
4. **Las vértebras límites: craneal o superior y caudal o inferior** son las que delimitan el segmento afectado por la curva; son las que tienen mayor inclinación hacia la

concauidad de la curva. Se toman como referencia para medir el ángulo de Cobb. Es imprescindible la correcta identificación de las vértebras límite desde el estudio inicial del paciente, para comparar la evolución de las curvas en posteriores controles^{10,17,18}.

5. El **ángulo de Cobb** o ángulo de la curva es el ángulo formado por el platillo superior de la vértebra límite superior y el platillo inferior de la vértebra límite inferior. Puede haber un error aproximado de 2° a 7° en la reproducción de la medida⁶. La escoliosis se define por ser una curva con un ángulo mayor 10° en el plano coronal. Valores inferiores se consideran actitud o posición escoliótica.

La escoliosis puede tener varias curvas. El máximo número de curvas que puede haber son tres, hay que detectarlas y describir cada una de ellas^{6,19,20}. La **curva mayor o primaria** es la curva con mayor ángulo de Cobb; el resto de curvas son **menores o secundarias**.

6. **Vértebra estable:** es la vértebra que queda dividida de modo uniforme por la LVCS. Normalmente corresponde a la vértebra por debajo de la vértebra límite inferior de la curva más caudal. Es importante para los cirujanos, como referencia del nivel de fusión.
7. **Vértebra neutra:** es aquella vértebra que no muestra signos de rotación, es decir, aquella cuyos pedículos son simétricos con respecto a la apófisis espinosa.

8. **El ángulo clavicular:** es el ángulo formado entre la línea que pasa por el borde superior de ambas clavículas y la línea horizontal. Por consenso, los hombros izquierdos más altos tendrán un ángulo positivo, y los hombros derechos más altos tendrán un ángulo negativo.
9. **Oblicuidad pélvica:** es la desalineación de la pelvis en el plano coronal. Corresponde al ángulo formado entre la línea que une la parte superior de las crestas ilíacas y la línea horizontal. Un ángulo menor de 15° se considera por consenso una pelvis neutra o balanceada en el plano coronal. También puede orientar la disimetría vertical entre ambas crestas ilíacas.
10. **Cifosis torácica:** es la curva posterior fisiológica en el plano sagital a nivel torácico, cuyas vértebras límites son: a nivel superior T1 o T4, y T11 o T12 a nivel inferior. El rango aceptado de normalidad es de 20° - 50° ¹⁹.
11. **Lordosis lumbar:** es la curva anterior fisiológica en el plano sagital a nivel lumbar. La vértebra límite superior es el platillo superior de L1, y el inferior L5. El rango aceptado de normalidad es de 31° - 79° .
12. **Incidencia pélvica (PI):** es un parámetro anatómico y constante para cada individuo. Es el ángulo definido entre la perpendicular al centro del platillo superior del sacro y el centro de las cabezas femorales. Valores normales: $55^\circ \pm 10^\circ$. Determina la posición sagital del sacro y el grado de lordosis lumbar.
13. **Pelvic Tilt (PT):** (inclinación pélvica) es el ángulo formado entre la línea formada entre el centro del platillo

superior de S1 y el centro de las cabezas femorales, y la línea vertical. Valores normales: $13^\circ \pm 6^\circ$.

14. **Inclinación sacra (SS) (sacral slope):** es el ángulo formado entre el platillo superior de S1 y la línea horizontal. Valores normales: $42^\circ \pm 8^\circ$ ^{2,19,21,22} (figs. 2 y 3).

Balance corporal

El balance espinal global o regional se refiere al equilibrio biomecánico de la columna vertebral, que en general debe ser neutro, tanto en plano sagital como coronal. Este parámetro es especialmente relevante en pacientes candidatos a cirugía⁷ (figs. 2 y 3).

1. El **balance coronal global** se valora en la radiografía PA. Está determinado por la distancia horizontal entre la LPC7 y la LVCS. Si ambas líneas coinciden, el alineamiento coronal es neutro; cuando estas líneas no coinciden se habla de descompensación coronal, con balance positivo si la LPC7 queda a la derecha de la LVCS o negativo si queda a la izquierda. Según los autores, el desequilibrio es significativo si la distancia es mayor de 2 cm.

El ángulo de Cobb está íntimamente relacionado con el grado de rotación de la vértebra apical. Y ambos indirectamente con la lordosis lumbar y los parámetros pélvicos.

2. El **balance sagital global** está determinado por la relación entre la LPC7 en la radiografía lateral y la esquina

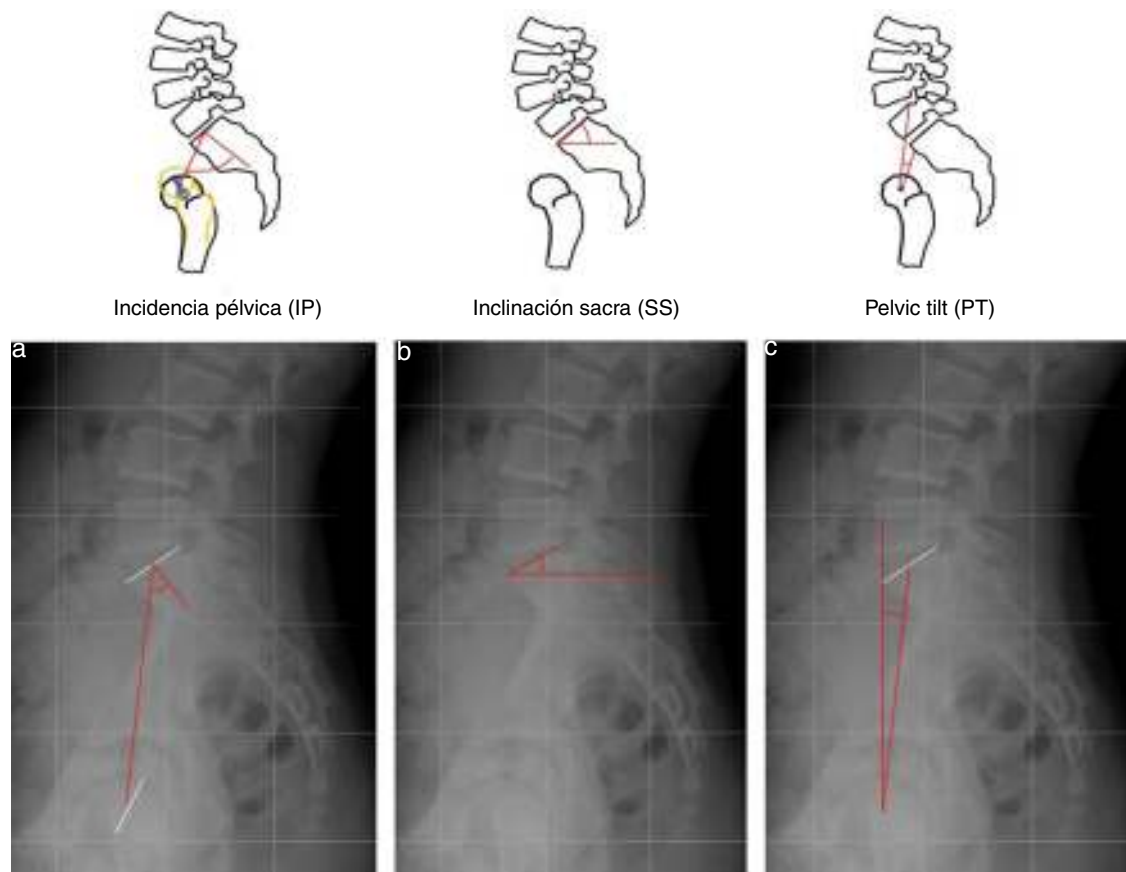


Figura 4 Parámetros pélvicos del balance sagital. Descripción en dibujos y en radiografía lateral pelvis de: a) incidencia pélvica (IP); b) inclinación sacra (SS); c) *PelvicTilt* (PT).

posteriosuperior del cuerpo vertebral S1. Existe balance sagital positivo si la LPC7 pasa anterior a este punto de referencia y si el balance es negativo si la vertical pasa por detrás de ese punto. El balance sagital global será neutro si la línea vertical pasa a menos de 2 cm del margen posteriosuperior de S1, anterior o posterior.

3. *El desequilibrio exclusivo sagital* se define por un balance corporal sagital positivo mayor de 5 cm. Traduce el consumo de los mecanismos compensatorios: la hiperextensión pélvica y flexión de las rodillas es incapaz de compensar la pérdida de la lordosis lumbar, por lo que el paciente adopta una postura inclinada hacia delante (fig. 3).

En la radiografía lateral, también se valora el *balance sagital regional* (fig. 3).

1. *Cifosis torácica*: es la curva fisiológica posterior en el plano sagital a nivel torácico.
2. *Lordosis lumbar*: es la curva fisiológica anterior en el plano sagital a nivel lumbar.

Ambos conceptos, especialmente la lordosis lumbar, es importante correlacionarlos con los parámetros pélvicos (PI, PT y SS), ya que la columna se adapta a la morfología pélvica a través de la lordosis lumbar. La morfología de la pelvis viene definida por la incidencia pélvica, que determina la inclinación del platillo sacro^{2,7,22,23} (figs. 3 y 4).

Rotación de cuerpos vertebrales

La desviación de la curva normalmente va asociado a una *rotación de los cuerpos vertebrales* en el eje transversal, lo cual tiene un valor pronóstico y condiciona el tipo de tratamiento. Hay diferentes métodos para valorar este grado de rotación en la radiografía y mediante TC o RM.

El método clásico más utilizado y sencillo es el de Nash y Moe^{6,10} que mide en la radiografía PA el grado de desplazamiento del pedículo de la convexidad respecto la parte lateral de la vértebra apical (fig. 5).

Valoración de la curva en estructurada o no estructurada. *Bending tests* (estudios de flexibilidad)

Los *bending tests* (estudios de flexibilidad) nos ayudan a saber si una curva es flexible o no. Ayudan a estimar el grado aproximado de corrección de la curva tras el tratamiento ortopédico o quirúrgico.

Los *bending tests* se realizan tanto en el plano coronal como sagital, llamados *bendings* laterales y de hiperextensión y flexión, respectivamente.

En los *bendings laterales* las radiografías se realizan con el paciente en inclinación lateral máxima derecha e izquierda, manteniendo la pelvis fija. De manera que si el ángulo de Cobb de las curvas primarias y secundarias se mantienen por encima de 25°, se consideran curvas estructuradas, es decir, no flexibles. Las curvas estructuradas implican rotación y distorsión marcada del segmento vertebral.

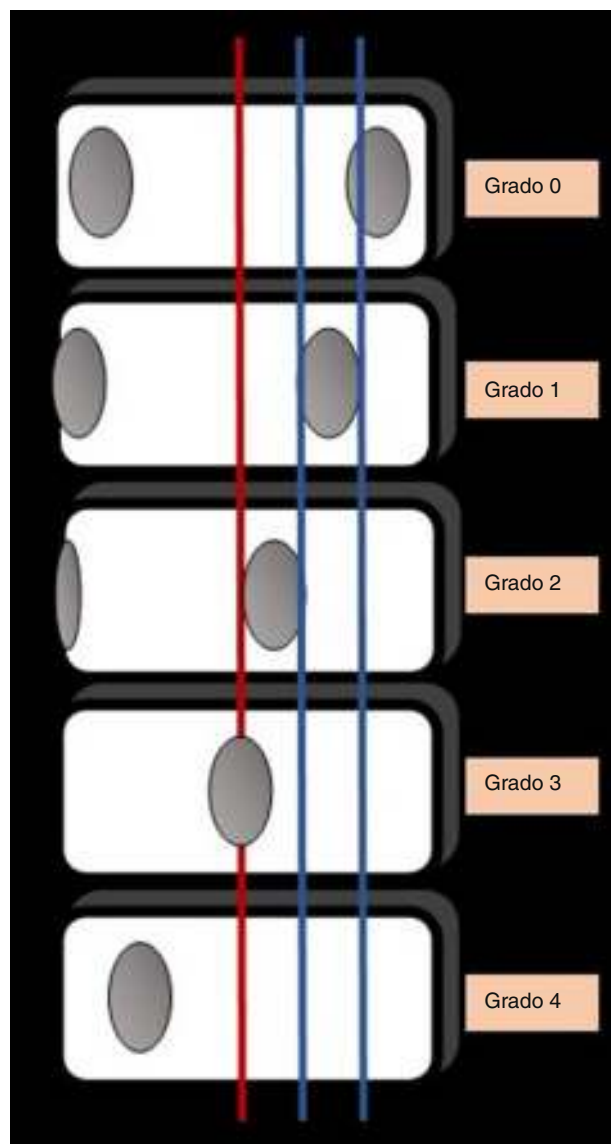


Figura 5 Diagrama que muestra el grado de rotación vertebral de acuerdo al método Nash y Moe (6,10). Grado 0: Posición neutral (sin rotación). Se traza una línea imaginaria en el centro del cuerpo vertebral y luego otras dos líneas dividiendo la mitad en tres partes. La rotación se cuantifica con base en la localización donde se encuentre el pedículo en cada uno de estos segmentos de la parte convexa y la visibilidad del pedículo de la parte cóncava, el cual desaparece si la rotación progresa.

Una corrección de la curva cuyo ángulo se modifica a menos de 25° es considerada no estructurada o flexible, es decir, una curva compensadora que permite el balance troncal sagital y coronal (fig. 6).

Los *estudios de hiperextensión* valoran la cifosis y los de *flexión* la lordosis⁶.

Grado de maduración del esqueleto

Las curvas tienden a progresar durante el periodo de mayor crecimiento, hasta la maduración esquelética completa, donde el seguimiento debe ser más estrecho. El aseso-



Figura 6 *Bending Test* lateral. a) Radiografía posteroanterior en posición neutra donde se observa curva escoliótica primaria torácica derecha de 35° y secundaria lumbar izquierda de 28°. b) *Bending test* lateral derecho (ipsilateral a la curva mayor): ángulo de Cobb mayor de 25°, por lo tanto curva estructurada. c) *Bending test* lateral izquierdo (ipsilateral a la curva menor): ángulo de Cobb menor de 25°, por lo tanto curva no estructurada (compensadora).

ramiento de la maduración del esqueleto se valora con diferentes métodos.

- El *cartilago trirradiado* o en «Y» define el grado de fusión de los tres huesos que forman el iliaco. El cierre del cartilago trirradiado se produce antes del pico de máximo crecimiento y previo al estado de Risser I (9-10 años).
- El *método de Risser* es un método clásico, el más utilizado, que valora en la radiografía PA el grado de osificación de las apófisis de las crestas ilíacas.
- Según la literatura especializada, se considera actualmente que el método más fiable como predictor de la progresión de la curva consiste en realizar medidas consecutivas en el tiempo y ver el *pico de velocidad de crecimiento* y de *progresión de la maduración esquelética*^{6,15,24} (fig. 7).

Progresión de la curva

La progresión de la curva va paralela al crecimiento espinal, es decir, progresa durante el crecimiento y cesa al alcanzar la madurez esquelética.

Después de la madurez, la progresión depende del grado de severidad de la curva. Las escoliosis de menos de 30° suelen estabilizarse y las de más de 50 pueden progresar

1° al año. Entre 30° y 50° la progresión aproximada al año es 10°-15°. Se considera una curva en progresión cuando el ángulo de Cobb incrementa 5° o más, entre dos radiografías consecutivas anuales.

Otros factores predictores de progresión son: la edad inicial de presentación, la causa, la magnitud de la curva, el patrón de la curva, y una curva torácica primaria en vez de lumbar.

El intervalo de seguimiento es individualizado en cada paciente considerando la probabilidad de progresión y el efecto de dicha progresión en el tratamiento: se recomienda que los pacientes con escoliosis idiopática sean controlados cada 4-12 meses dependiendo de la edad y la tasa de crecimiento.

Una vez finalizado el crecimiento espinal, se recomienda un seguimiento cada 5 años, excepto en curvas con ángulo de Cobb mayor de 30°, que deben ser monitorizadas en intervalos más cortos, dependiendo de los síntomas del paciente y el grado de severidad de la curva⁶.

Indicaciones de TC Y RM

La principal indicación para realizar una TC o una RM es valorar la causa subyacente de la escoliosis, cuando la radiografía es insuficiente, es decir, cuando hay un síntoma

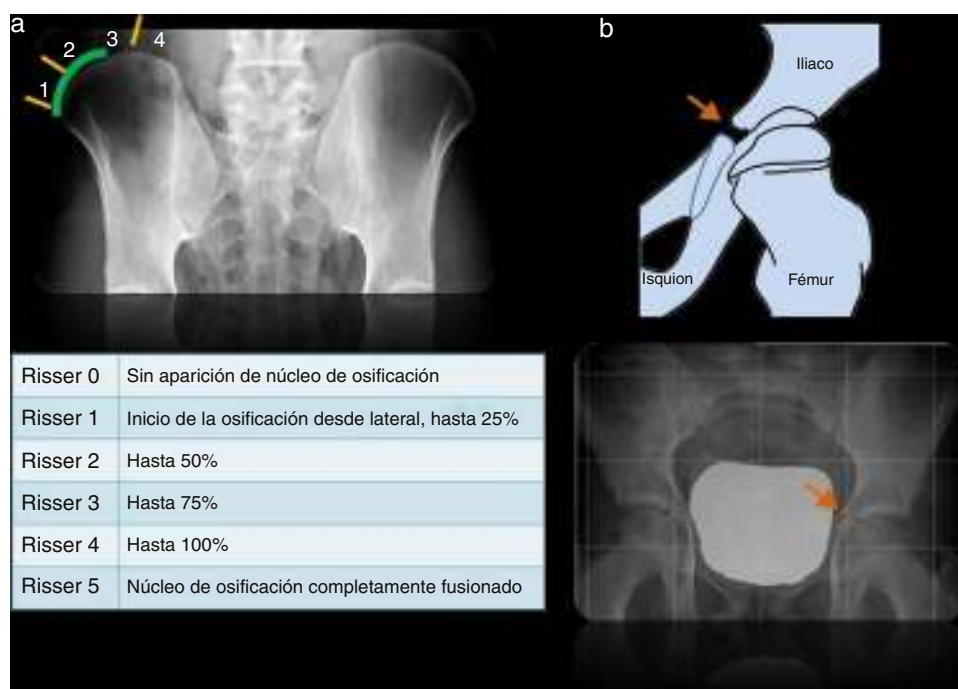


Figura 7 a) Diagrama del índice de Risser: grados de la maduración esquelética del núcleo de osificación de hueso ilíaco en la radiografía de pelvis en posteroanterior. La imagen del hueso ilíaco corresponde a un índice de Risser 5. b) Imagen del cartílago trirradiado, que traduce ausencia de fusión de los huesos que forman el ilíaco.



Figura 8 Escoliosis estructurada debido a una malformación congénita: hemivértebra izquierda T11 y fusión con T10 (flecha). a) Radiografía posteroanterior. b) Imagen MPR coronal. c) Reconstrucción 3 D.

Tabla 3 Indicaciones de TC y RM

Indicaciones principales para realizar otros estudios de imagen: TC y/o RM

Anormalidad ósea congénita (anomalía de fusión o segmentación) (fig. 8)

Anomalía congénita neuropática (malformación de Arnold Chiari, síndrome del cordón anclado, disrafismo)

Displasia (neurofibromatosis, osteogénesis imperfecta, síndrome de Marfan)

Dolor que sugiera tumor óseo, infección o herniación del disco intervertebral

Deterioro neurológico con anomalía en la electromiografía

Evaluación preoperatoria de una anomalía ósea

Valoración de complicaciones postoperatorias

Curvatura idiopática de la columna con hallazgos clínicos y radiológicos específicos

Indicaciones de RM

Hallazgos clínicos

- Menor de 10 años
- Signos de deterioro neurológico
- Rápida progresión
- Deformidad de los pies
- Dolor de espalda, dolor de cuello, dolor de cabeza

Hallazgos radiológicos

- Curvas típicamente asociadas a neuropatía (torácica izquierda, doble curva torácica, triple mayor, segmento corto o largo torácica derecha, curva severa después de la maduración esquelética)
- Canal espinal ancho, pedículos estrechos, agujeros foraminales anchos y otros cambios sugestivos de lesiones no ósea)

asociado o una disociación clínico-radiológica (fig. 8). También son muy útiles para orientar el tratamiento quirúrgico y evaluar las complicaciones posquirúrgicas (tabla 3)⁶.

Tratamiento

Los diversos tipos de tratamiento se plantean de modo individualizado y dependen de múltiples factores.

Solo el 10% de los pacientes con escoliosis requieren tratamiento. Las recomendaciones generales son: a) en curvas menores de $15^\circ \pm 5^\circ$ el tratamiento es conservador; b) en curvas mayores de $20^\circ \pm 5^\circ$ con riesgo de progresión, se recomienda corsé hasta alcanzar la madurez esquelética; c) en curvas mayores de 45° el tratamiento es quirúrgico (fig. 9).

Los corsés son unos dispositivos ortopédicos confeccionados de diversos materiales, adaptados individualmente al tronco del paciente para aplicar fuerzas externas (deflexoras, elongadoras o desrotadoras), sobre la columna vertebral.

El objetivo es mejorar el equilibrio general del paciente, estabilizar las curvas y evitar su progresión, especialmente en fases de máximo riesgo (fase premenárquica de las niñas con Risser 0-1 y niños con Risser 0-1-2 y 3).

Tabla 4 ¿Qué valoramos en el escoliograma PA y L?

Radiografía posteroanterior (PA)

1. Contar el número de vértebras de craneal a caudal
2. Medir el balance corporal coronal
3. Definir el número de curvas, definir la curva mayor y las menores, su dirección y las regiones afectadas
4. Definir vértebra apical, vértebras límites, y el ángulo de Cobb de cada curva
5. Medir el grado de rotación de la vértebra apical
6. Definir la vértebra estable y neutra
7. Medir ángulo clavicular
8. Valorar oblicuidad / disimetría pélvica
9. Valorar la maduración esquelética
10. Determinar si una curva es estructurada o no estructurada (*bending tests*)

Radiografía lateral (LL)

1. Contar el número de vértebras de craneal a caudal. Correlacionar con el plano coronal
 2. Valorar balance sagital global
 3. Valorar balance sagital regional: medir ángulo de Cobb de la cifosis dorsal y lordosis lumbar.
 4. Valoración parámetros pélvicos
- Incidencia pélvica, *pelvic tilt* e inclinación sacra

La *fisioterapia* constituye una parte muy importante y complementaria en el tratamiento conservador, junto con el uso del corsé, en las escoliosis de 15° - 45° . Hay múltiples técnicas recogidas y recomendadas en las guías internacionales científicas de traumatología, ortopedia, rehabilitación y de podología^{25,26}.

Cuando la causa de la deformidad no es idiopática (malformativa, degenerativa...), entre otras) el tratamiento quirúrgico tiene un papel importante. Las indicaciones son siempre individualizadas.

Conclusiones

- Es importante conocer la biomecánica, causas y mecanismos compensatorios de las desalineaciones de la columna vertebral.
- Para estudiarlas es imprescindible un estudio radiográfico de la columna completa en bipedestación, con dos proyecciones: PA y lateral. Hay que comprobar que los estudios realizados técnicamente sean correctos y reproducibles.
- Los *bending tests* (estudios de flexibilidad) se realizan en el diagnóstico inicial de la deformidad cuando son severas, antes de un cambio terapéutico, y como valoración pre-quirúrgica.
- El *informe radiológico* debe incluir una serie de descripciones, hallazgos y medidas ya definidas, con una terminología conocida y estandarizada (tabla 4).
- Se ha de complementar el estudio con TC y/o RM en caso de dificultad diagnóstica en la radiología simple, ante malformaciones, sospecha clínica y discordancia clínico-radiológica.

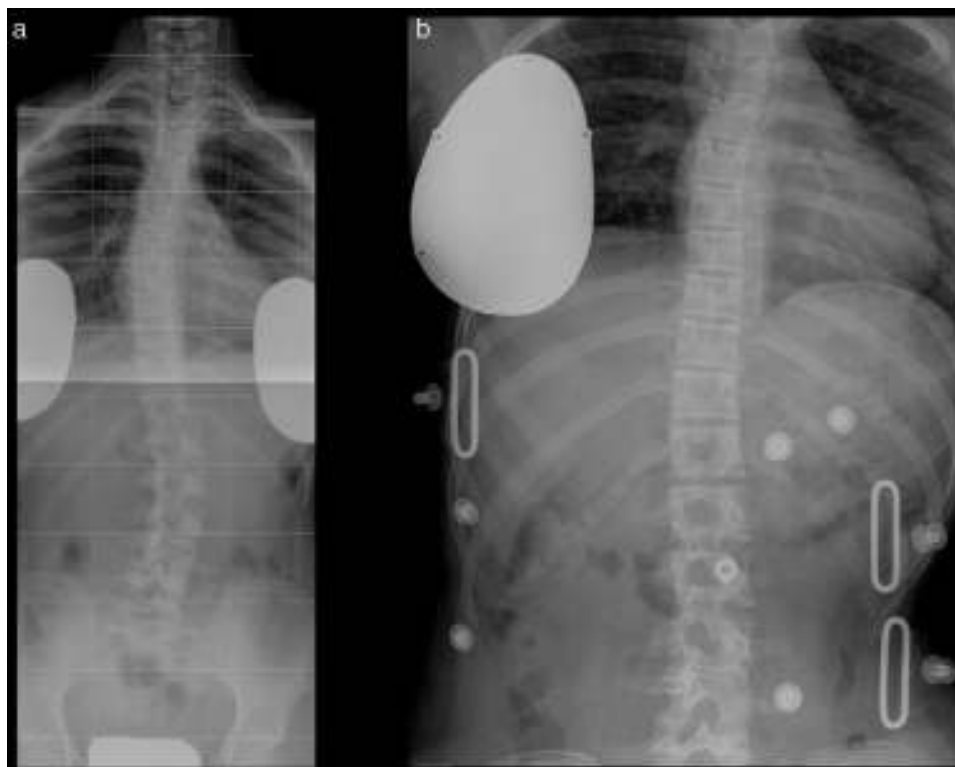


Figura 9 Doble curva escoliótica dorsal y lumbar con curva mayor lumbar convexa hacia la izquierda. a) Radiografía posteroanterior (PA) sin corsé. b) Radiografía PA con corsé. Rectificación de ambas curvas.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Daubs M. Adult Spinal deformity. En: Flynn JM, editor. OKU 10: orthopaedic knowledge update. 10th ed. Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 2011. p. 585–7.
2. Kuntz Ct, Shaffrey CI, Ondra SL, Durrani AA, Mummaneni PV, Levin LS, et al. Spinal deformity: a new classification derived from neutral upright spinal alignment measurements in asymptomatic juvenile, adolescent, adult, and geriatric individuals. *Neurosurgery*. 2008;63 3 Suppl:25–39.
3. Hensinger RN. Congenital scoliosis: etiology and associations. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34:1745–50.
4. Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JC, Danielsson A, Morcuende JA. Adolescent idiopathic scoliosis. *Lancet*. 2008;371:1527–37.
5. Konieczny MR, Senyurt H, Krauspe R. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis. *J Child Orthop*. 2013 Feb;7:3–9.
6. Kim H, Kim HS, Moon ES, Yoon CS, Chung TS, Song HT, et al. Scoliosis imaging: what radiologists should know. *Radiographics*. 2010 Nov;30:1823–42.
7. Morvan G, Mathieu P, Vuillemin V, Guerini H, Bossard P, Zeitoun F, et al. Standardized way for imaging of the sagittal spinal balance. *Eur Spine J*. 2011;20 Suppl 5:602–8.
8. Trobisch P, Suess O, Schwab F. Idiopathic scoliosis. *Dtsch Arztebl Int*. 2010;107:875–83, quiz 884.
9. Labelle H, Richards SB, De Kleuver M, Grivas TB, Luk KD, Wong HK, et al. Screening for adolescent idiopathic scoliosis: an information statement by the scoliosis research society international task force. *Scoliosis*. 2013;8:17.
10. Malfair D, Flemming AK, Dvorak MF, Munk PL, Vertinsky AT, Heran MK, et al. Radiographic evaluation of scoliosis: review. *AJR Am J Roentgenol*. 2010;194 3 Suppl:S8–22.
11. No authors listed. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann ICRP*. 2007;37(2-4):1–332.
12. Enríquez G, Piqueras J, Catalá A, Oliva G, Ruiz A, Ribas M, et al. Optimización del estudio radiológico de la escoliosis. *Med Clin (Barc)*. 2014;143 Suppl 1:62–7.
13. Illes T, Somoskeoy S. The EOS imaging system and its uses in daily orthopaedic practice. *Int Orthop*. 2012;36:1325–31.
14. Wade R, Yang H, McKenna C, Faria R, Gummerson N, Woolacott N. A systematic review of the clinical effectiveness of EOS 2D/3D X-ray imaging system. *Eur Spine J*. 2013;22:296–304.
15. Bridwell K, Hamill C, Horton W, Kuklo T, O'Brien M. Adult deformity. En: O'Brien M, Kuklo T, Blanke K, Lenke L, editores. *Spinal Deformity Study Group Radiographic Measurement Manual*. 1st ed. Memphis: Medtronic Sofamor Danek USA, Inc.; 2008. p. 71–94.
16. Díaz JJ, Schröter GC, Schulz IR. Actualización de la evaluación radiológica de la escoliosis. *Rev Chil Radiol*. 2009;15:141–51.
17. Langensiepen S, Semler O, Sobottke R, Fricke O, Franklin J, Schonau E, et al. Measuring procedures to determine the Cobb angle in idiopathic scoliosis: a systematic review. *Eur Spine J*. 2013;22:2360–71.
18. Musson RE, Warren DJ, Bickle I, Connolly DJ, Griffiths PD. Imaging in childhood scoliosis: a pictorial review. *Postgrad Med J*. 2010;86:419–27.
19. Panchmatia JR, Isaac A, Muthukumar T, Gibson AJ, Lehovskiy J. The 10 key steps for radiographic analysis of adolescent idiopathic scoliosis. *Clin Radiol*. 2015;70:235–42.
20. Anderson SM. Spinal curves and scoliosis. *Radiol Technol*. 2007;79:44–65, quiz 66–8.

21. Legaye J, Duval-Beaupere G, Hecquet J, Marty C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J.* 1998;7:99–103.
22. Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E, Dimnet J, O'Brien M. The importance of spino-pelvic balance in L5-s1 developmental spondylolisthesis: a review of pertinent radiologic measurements. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30 6 Suppl:S27–34.
23. Thaler M, Lechner R, Gstottner M, Luegmair M, Liebensteiner M, Nogler M, et al. Interrater and intrarater reliability of the Kuntz et al. new deformity classification system. *Neurosurgery.* 2012;71:47–57.
24. Llopis E. Radiología de los trastornos de la alineación de la columna vertebral. En: Tardáguila FM, Del Cura JL, editores. *Radiología ortopédica y radiología dental: una guía práctica. Monografías SERAM.* 1.^a ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2005. p. 47–62.
25. El-Hawary R, Chukwunyeremwa C. Update on evaluation and treatment of scoliosis. *Pediatr Clin North Am.* 2014;61: 1223–41.
26. Burton MS. Diagnosis and treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *Pediatr Ann.* 2013;42:224–8.