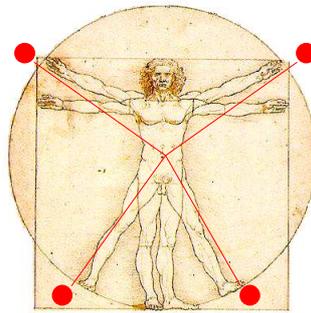


TECNOLOGÍ@ y DESARROLLO

Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

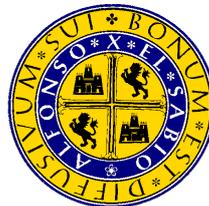
VOLUMEN XI. AÑO 2013

SEPARATA



VARIABLES GEOMÉTRICAS QUE DEFINEN LA POSTURA: VALORACIÓN DE LA ESTRUCTURA RAQUÍDEA LUMBAR

Pilar San Pedro Orozco, Rafael Magro Andrade, Fernando Blaya Haro y
Laura Abad Toribio



UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO
Escuela Politécnica Superior
Villanueva de la Cañada (Madrid)

© Del texto: Pilar San Pedro Orozco, Rafael Magro Andrade, Fernando Blaya Haro, Laura Abad Toribio
Enero, 2013

http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECTIN13_001.pdf

© De la edición: *Revista Tecnol@ y desarrollo*

Escuela Politécnica Superior.

Universidad Alfonso X el Sabio.

28691, Villanueva de la Cañada (Madrid).

ISSN: 1696-8085

No está permitida la reproducción total o parcial de este artículo, ni su almacenamiento o transmisión ya sea electrónico, químico, mecánico, por fotocopia u otros métodos, sin permiso previo por escrito de la revista.

Tecnol@ y desarrollo. ISSN 1696-8085. Vol XI. 2013.

VARIABLES GEOMÉTRICAS QUE DEFINEN LA POSTURA. VALORACIÓN DE LA ESTRUCTURA RAQUÍDEA LUMBAR

Pilar San Pedro Orozco^(a), Rafael Magro Andrade^(b), Fernando Blaya Haro^(c), Laura Abad Toribio^(d)

(a) Máster en Ingeniería Ambiental, email: pilarsanpedro@yahoo.es

(b) Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director Técnico Asimag, email: r.magro@asimag.net, Tfno: 661769354

(c) Máster en Ingeniería Ambiental. Dpto. Expresión Gráfica Industrial. EUIT Industrial - UPM. Tfno: 913367694, email: fernando.blaya@upm.es

(d) Dra en Ciencias Físicas. Área de Matemáticas y Física Aplicadas. Universidad Alfonso X el Sabio Tf: 918105207, email: labad@uax.es

RESUMEN:

La columna vertebral juega un papel relevante tanto en la biomecánica del individuo como en la aportación a la definición de su postura. En este artículo se realiza una revisión bibliográfica de las mediciones realizadas por diferentes autores sobre la columna vertebral, con el objeto de aplicar su conocimiento a la elaboración de un modelo gráfico de la curvatura lumbar en el plano sagital. Se pretende caracterizar gráficamente el componente de la postura humana que tiene su origen en la región lumbar, mediante un trazado del contorno real del raquis obtenido a partir de variables geométricas admitidas y conceptos relacionados con la postura.

PALABRAS CLAVE: Postura, biometría, biomecánica, parámetros columna vertebral humana.

ABSTRACT:

The spine plays an important role both in the biomechanics of the individual as well as its contribution to the definition of its position. In this article we review the literature on the measurements made by different authors on the spine, in order to apply their knowledge to the development of a graphical model of the lumbar curvature in the sagittal plane. It is intended to graphically characterize the component of human posture which originated in the lumbar region, by route of the actual contour of the spine obtained from well established geometric variables and concepts in related to the posture.

KEY-WORDS: Posture, biometrics, biomechanics, human spine parameters.

SUMARIO: 1. Introducción, 2. Objetivos, 3. Revisión bibliográfica, 4. Material y método, 5. Conclusiones, 6.Referencias.

1. Introducción

La arquitectura de la columna vertebral tiene un diseño único, dispuesto en curvaturas en el plano sagital y una línea recta si se observa desde el plano frontal. El edificio vertebral es una estructura compleja compuesta de piezas superpuestas, las vértebras, más anchas y robustas en la base y más pequeñas y ligeras arriba. Las curvaturas vertebrales se van compensando al cambiar la concavidad: anterior sacra, posterior lumbar, anterior dorsal y posterior cervical, aumentando de este modo las fuerzas de compresión axial que afectan a la columna.

Históricamente diferentes autores han aportado sistemas de medición y variables con las que valorar las curvas raquídeas que han permitido el análisis de personas o grupos. A modo de ejemplo citamos a varios autores:

- Cobb y su medida de las curvas del raquis por el entrecruzamiento de las perpendiculares trazadas sobre las líneas de los platillos tibiales superior e inferior de las vértebras de la curva a medir (Cobb, JR.; 1948). Esta forma de medida se sigue utilizando y se toma como dato principal en el diagnóstico de las desviaciones del raquis como las escoliosis.
- De Sèze, en su libro “Cómo interpretar una radiografía vertebral”, enseña a los alumnos de medicina las pautas a seguir para el estudio de una radiografía vertebral de la que luego han de diagnosticar. Da seis medidas para la interpretación de la lordosis lumbar (De Sèze, S.; 1961. p.38).
- Kapandji, más tarde recogerá las medidas de De Sèze en sus “Cuadernos de Fisiología articular” y las amplía y redefine (Kapandji, I.A.; 1977).
- Delmas estableció la correspondencia establecida entre el tipo del raquis y la morfología del sacro y de su faceta auricular (Kapandji, I.A.; 1977) (Rouvière, H., Delmas, A. 2005).
- Wielki con su estudio sobre las curvas del raquis, y el “método de análisis de los trazados por los radios en el punto de intersección” (Wielki, Cz.; 1985).
- Hernández Corvo define el denominado “sector resorte bípedo vertebral” mediante el cual explica si existe o no reducción o excesos en la curvatura lordótica (Hernández Corvo, R.; 1998).
- El diseño de Espinocurvómetro, utilizado por Tittel y Wutscherk, que se aplicó en las tomas laterales (Tittel, K.; 1972).

El concepto de postura surge como una necesidad de representar la realidad externa del cuerpo humano en su conjunto y abarca conceptos como la morfología, la posición voluntaria o involuntaria del individuo, su actitud estática o dinámica, su comportamiento ante el equilibrio e incluso aspectos como implicación en la expresión externa de la personalidad.

2. Objetivos

Se plantea como objetivo principal la elaboración de un modelo gráfico de la curvatura lumbar de cada individuo en su plano sagital que se adapte al contorno real del raquis. La obtención de un gráfico adaptado aporta una herramienta fundamental en el concepto de postura.

La representación gráfica del raquis se apoya en la medición de variables geométricas que dimensionalmente corresponden a conceptos angulares o lineales y que son obtenidas en proyecciones planas como pueden ser las tomas radiológicas. Estos conceptos han sido ampliamente estudiados por la bibliografía especializada y requieren una revisión previa para establecerlos como referencia.

Una vez definido y referenciado el objetivo del presente trabajo se debe proceder a la definición de las variables seleccionadas y de la metodología que permita la elaboración de la representación gráfica pretendida.

La metodología propuesta debe tener dos características para que sea aplicable y útil, ser de carácter universal y de fácil obtención. Esto supone que una vez obtenidos los datos requeridos se pueda realizar la representación de la curva lumbar de cualquier individuo de una forma sencilla y a modo de trazo. Este es un primer paso para la sistematización posterior que permita el estudio automatizado y comparativo entre individuos.

3. Revisión bibliográfica.

Históricamente diferentes autores han aportado sistemas de medición y variables con las que medir y ajustar la normalidad de las curvas que han permitido el análisis de personas o grupos. Desde la existencia de las placas radiográficas la medición de las curvas raquídeas se ha realizado en el plano bidimensional, siendo en realidad una organización tridimensional.

A continuación se procede a la revisión de la bibliografía de algunos autores que han aportado medidas y variables en el plano sagital, como referencias para el objetivo del presente trabajo.

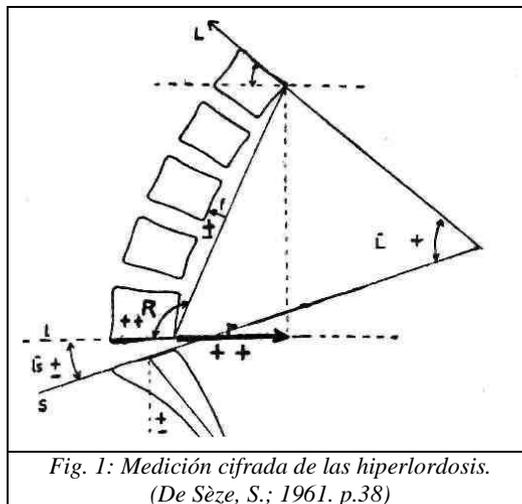
De Sèze

En el libro “Cómo interpretar una columna vertebral”, De Sèze muestra seis medidas para interpretar la lordosis lumbar y clasifica en dos tipos diferentes lo que él llama las hiperlordosis: Hiperlordosis del tipo “supercurvatura regular” e Hiperlordosis del tipo “quebraduras lumbosacras” (De Sèze, S.; 1961. p.38).

Medición cifrada de las hiperlordosis De Sèze:

“Seis medidas han ocupado nuestra atención”:

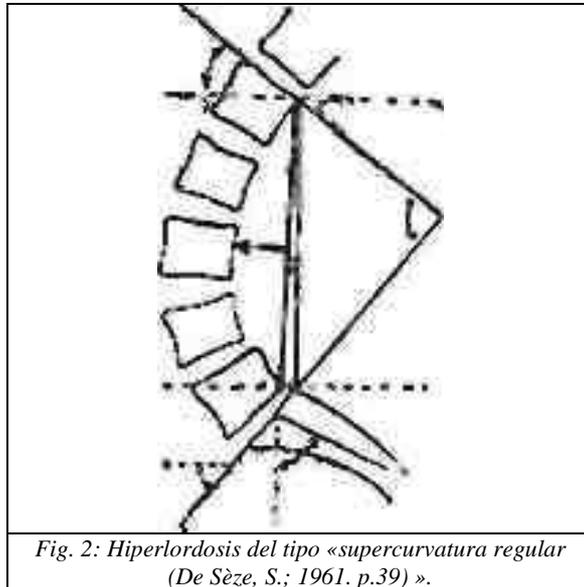
- 1) la oblicuidad de la meseta superior de S_1 sobre la horizontal (S);
- 2) la angulación del diedro lumbosacro (ángulo l_s);
- 3) la oblicuidad de la meseta superior de L_1 (L);
- 4) el ángulo de lordosis, formado por la unión, por detrás, de la línea que prolonga la meseta superior de S_1 y de la línea que prolonga la meseta superior de L_1 (ángulo L);
- 5) la flecha de lordosis lumbar (f), medida a partir de dos líneas: una, que junta L_1 a S_1 ; otra, horizontal a partir del dorso de la vértebra más desplazada hacia delante;
- 6) el índice de inversión posterior del tronco, calculado según la proyección del borde posterior de la meseta superior de L_1 sobre la horizontal procedente del borde posterior de la meseta de S_1 (r).



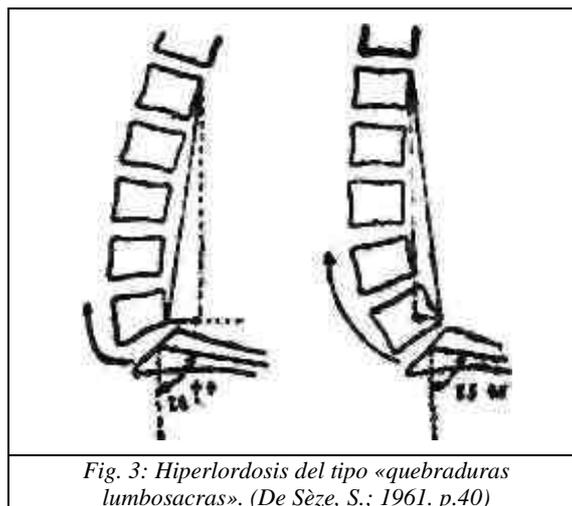
Mediciones de las hiperlordosis: S) oblicuidad de S_1 ; l_s) valor del ángulo lumbosacro; L) oblicuidad de L_1 ; ángulo L) ángulo de lordosis; f) flecha de lordosis lumbar; r) índice de inversión del tronco (se trata en este caso de una hiperlordosis del tipo «inversión posterior del tronco») (Fig.1).

De Sèze clasifica las curvas de la lordosis lumbar y les llama hiperlordosis.

- 1) *Hiperlordosis del tipo “supercurvatura lumbosacra regular”*: se caracteriza por una tendencia a la horizontalidad del sacro, y como consecuencia una oblicuidad excesiva de la plataforma superior del sacro y un aumento de la curvatura de la columna lumbar, con un aumento de la flecha de la lordosis lumbar y de la lordosis lumbopélvica. Este es el tipo de lordosis que se comprueba habitualmente, por ejemplo, en las basculaciones de las pelvis hacia delante debidas a una posición viciosa de la cadera (anteversión del cuello femoral) (Fig. 2).



- 2) Hiperlordosis del tipo «quebraduras lumbosacras». En este segundo tipo, la hiperlordosis se caracteriza por el cambio brusco de dirección entre el sacro, cuyo eje mayor es más o menos oblicuo hacia abajo y atrás, y la columna lumbar que, de forma súbita, remonta oblicuamente, en línea recta hacia arriba y atrás, tomando un aspecto que designamos con el nombre de «quebradura lumbosacra». Esta rotura se realiza habitualmente a expensas del disco L₅-S₁, que está muy abierto hacia delante y muy pinzado por detrás. Este tipo de hiperlordosis se debe con mucha frecuencia, por hundimiento musculoligamentoso (Fig. 3) (De Sèze, S.; 1961. p. 39-40).



I.A. Kapandji

Este autor cita estudios de ingeniería en los que se establece que “la resistencia de una columna con curvaturas era proporcional al cuadrado del número de curvaturas más uno” ($R=N^2+1$). De esta forma, si se considera una resistencia de valor uno para una columna rectilínea (a), una columna con tres curvaturas móviles (d) como la columna vertebral con lordosis lumbar, cifosis dorsal y lordosis cervical, tiene una resistencia diez veces mayor a la de la columna rectilínea”(ver Fig.s.4 y 5)(Kapandji, I.A.; 1977. pág. 24).

Ante este hecho, referencia el índice raquídeo de Delmas: “relación entre la longitud alcanzada por el raquis desde la cara de la primera vértebra sacra hasta el atlas por una parte y, por otra, de la altura tomada entre la cara superior de S, y el atlas.

Un raquis con curvaturas normales (a) posee un índice de 95; los límites extremos del raquis normal son del 94 y 96 por ciento.

Un raquis con curvaturas acentuadas (b) posee un índice de Delmas inferior a 94. Esto quiere decir que su longitud desarrollada es claramente mayor que su altura.

Un raquis con curvaturas poco acentuadas (c), es decir, casi rectilíneo, posee un índice de Delmas superior al 96 por ciento.

Esta clasificación anatómica es de suma importancia, puesto que existe una relación entre ella y el tipo funcional. A. Delmas ha demostrado, en efecto, que el raquis con curvaturas acentuadas es de tipo funcional dinámico, mientras que el raquis con curvaturas poco pronunciadas es de tipo funcional estático”.

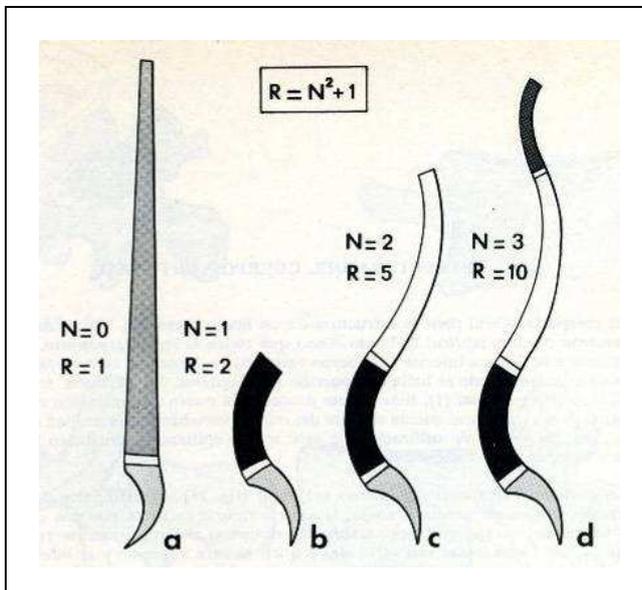


Fig. 4: Resistencia del raquis a esfuerzos de compresión axial. Índice raquídeo de Delmas. (Kapandji, I.A.; 1977. p. 25)

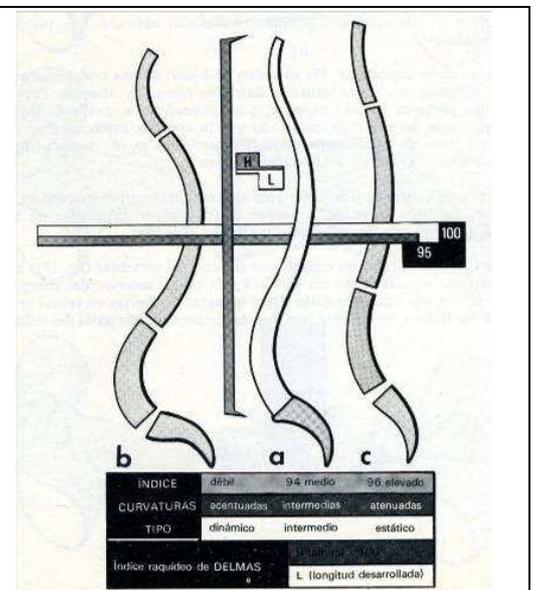


Fig. 5: Resistencia del raquis a esfuerzos de compresión axial. Índice raquídeo de Delmas (Kapandji, I.A.; 1977. p. 25).

En este punto I.A. Kapandji menciona las características de la lordosis lumbar y de la estática raquídea que pueden apreciarse en una radiografía de perfil referenciando los trabajos de De Sèze (Fig. 6):

- El ángulo sacro (a) está formado por la inclinación de la cara superior de la primera vértebra sacra sobre la horizontal. Su valor medio es de 30° .
- El ángulo lumbosacro (b), formado entre el eje de la quinta vértebra lumbar y el eje del sacro, tiene un valor medio de 140° .
- El ángulo de inclinación de la pelvis (c), formado por la inclinación sobre la horizontal de la línea que se extiende entre el promontorio y el borde superior de la sínfisis pubiana, tiene un valor medio de 60° .
- La flecha de lordosis lumbar (f) puede ser construida uniendo el borde posterosuperior de la primera vértebra lumbar al borde posteroinferior de la quinta vértebra lumbar. Esta línea representa la cuerda de la lordosis lumbar. La flecha representa el máximo de curvatura, situado en general a nivel de la tercera lumbar, y es tanto más pronunciada cuanto más acentuada sea la lordosis; puede ser nula cuando el raquis lumbar es rectilíneo y, en ciertos casos, incluso puede invertirse, lo que es raro.
- La reversión posterior (r) representa la distancia entre el borde posteroinferior de la quinta vértebra lumbar y la vertical, que desciende desde el borde posterosuperior de la primera lumbar. Esta distancia puede ser nula si la vertical se confunde con la cuerda de la lordosis lumbar; puede ser positiva si el raquis lumbar está revertido hacia atrás y puede ser negativa si el raquis lumbar está inclinado hacia delante”(Kapandji, I.A.; 1977.pág. 78).

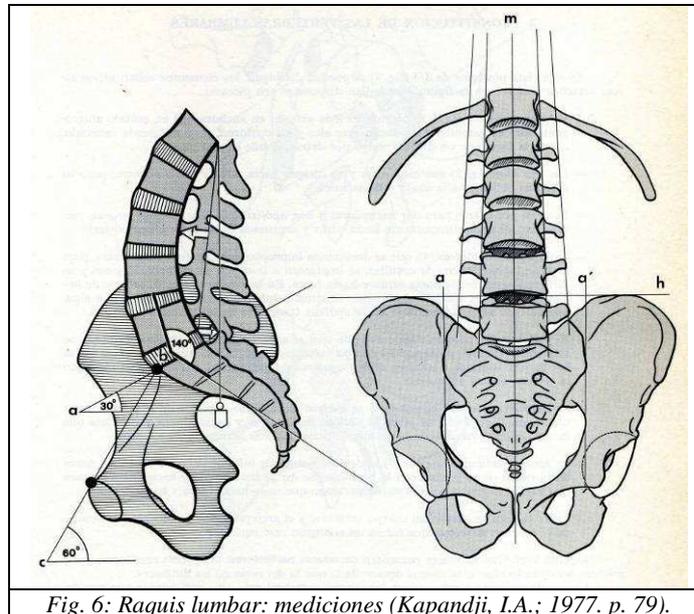
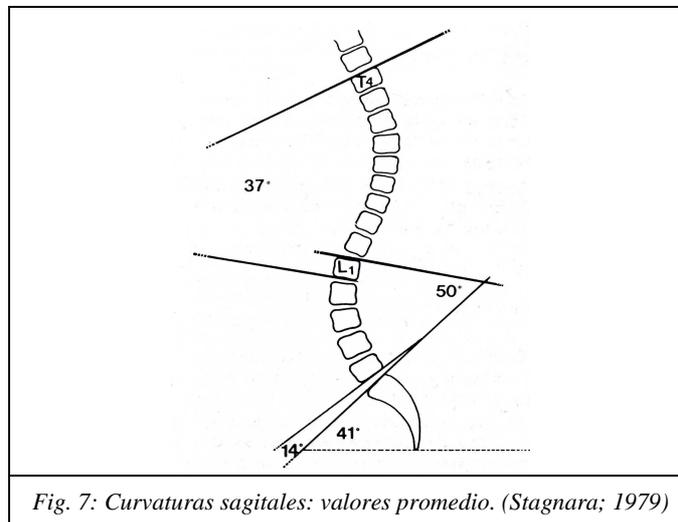


Fig. 6: Raquis lumbar: mediciones (Kapandji, I.A.; 1977. p. 79).

P. Stagnara

Stagnara, mencionado por (Pastrana, R.; Jiménez Cosmes, L.; 1990. p. 33) señala valores promedios para las diferentes curvas del raquis y las da como normalidad (Fig. 7). (Stagnara, P.; 1979).

- La curva de la cifosis dorsal, medida desde la cara superior de la T₄ a la cara inferior de la L₁, es de 37°.
- La curva de la lordosis lumbar medida desde la cara superior de la L₁ a la cara inferior de la L₅ es de 50°.
- El ángulo formado por la cara superior del sacro con la horizontal es de 41°.
- También mide el ángulo formado por el espacio entre la cara inferior de la L₅ con la superficie del sacro y le da un valor de 14°.

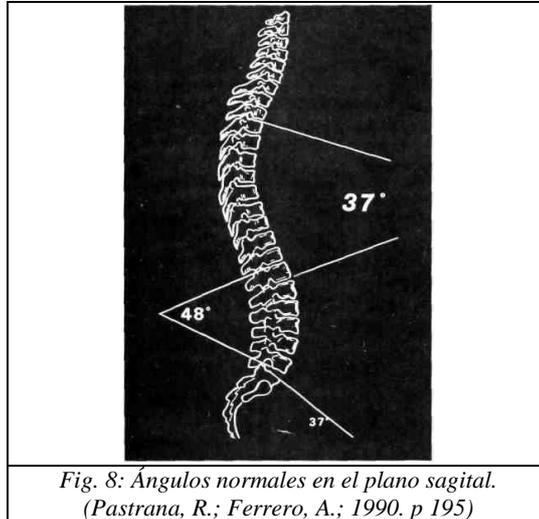


Pastrana R, Ferrero A.

Pastrana y Ferrero, establecen como ángulos normales en el plano sagital los siguientes (Fig. 8) (Pastrana, R.; Ferrero, A.; 1990. p.195):

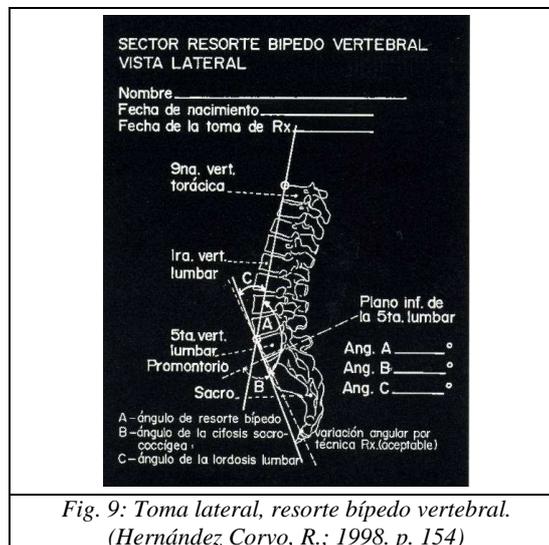
- La curva de la cifosis dorsal, medida desde la cara superior de la T₃ a la cara inferior de la T₁₂, es de 37°.
- La curva de la lordosis lumbar medida desde la cara superior de la T₁₂ a la cara inferior de la L₅ es de 48°.
- El ángulo formado por la cara superior del sacro con la horizontal es de 37°.

“Si consideramos un ángulo normal de cifosis-lordosis entre 40-45° variable según las diferentes razas, tendremos una clara evidencia de que a partir de 45° una cifosis es patológica y que si acude a nuestra consulta en edad de crecimiento, es prácticamente seguro que se irá incrementando hasta la madurez ósea”.



Hernández Corvo

Hernández Corvo, define el denominado “sector resorte bípodo vertebral” mediante el cual explica si existe o no reducción o excesos en la curvatura lordótica (Fig. 9) (Hernández Corvo, R.; 1998. p. 68-69).



En la figura anterior: “Dos trazos son fundamentales: el primero, tangente, desde el borde anterior y superior de la novena vértebra torácica, pasando al punto prominente y anterior de la quinta vértebra

lumbar; el segundo trazo también tangencial intercepta al anterior a nivel del mismo punto de la quinta vértebra lumbar y se proyecta hacia el extremo del conjunto sacro-coccígeo”.

Esta toma define tres valores angulares, relacionados e interactivos con la pelvis, la columna baja y el tercio superior femoral bilateralmente. Dentro de los valores angulares quedará incluido el promontorio, región anátomo-funcional de extrema atención en atletas jóvenes en proceso de desarrollo”.

“Los valores angulares A y C son inversamente proporcionales. El valor angular de B es directamente proporcional a C, e inversamente proporcional al de A”.

Philippe Souchard.

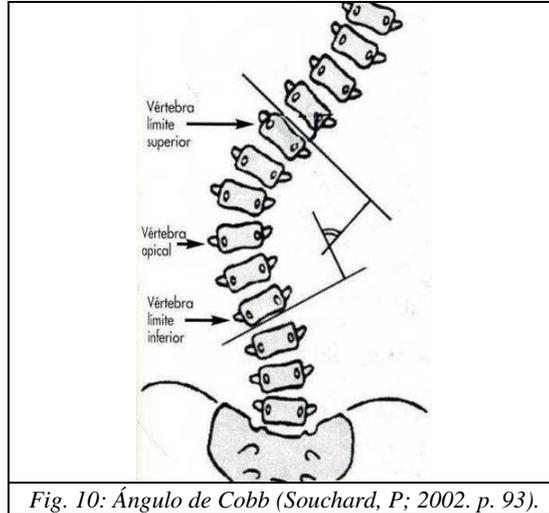
Philippe Souchard en su libro dedicado a la escoliosis (Souchard, P.; 2002) hace un repaso de todas las tomas de medidas sobre radiografía necesarias para el análisis de la columna vertebral, bien sea para analizar la postura o para valoración de patologías en la columna como son la escoliosis, hipercifosis e hiperlordosis.

Mediciones Ángulo de Cobb, en toma sagital y frontal.

Puede haber variaciones y margen de error en este ángulo de hasta unos 8°. Para poder obtener el ángulo de Cobb, se trazan tangentes sobre el platillo inferior de la vértebra más inclinada por debajo (vértebra límite inferior), y sobre el platillo superior de la vértebra más inclinada por arriba (vértebra límite superior). En el entrecruzamiento de las perpendiculares lanzadas sobre estas líneas puede leerse el ángulo de Cobb (Fig. 10). Este ángulo es esencial en las tomas radiológicas de perfil para el análisis de alteraciones anteroposteriores. El platillo vertebral ha de ser horizontal en C₄, D₈ y L₃.

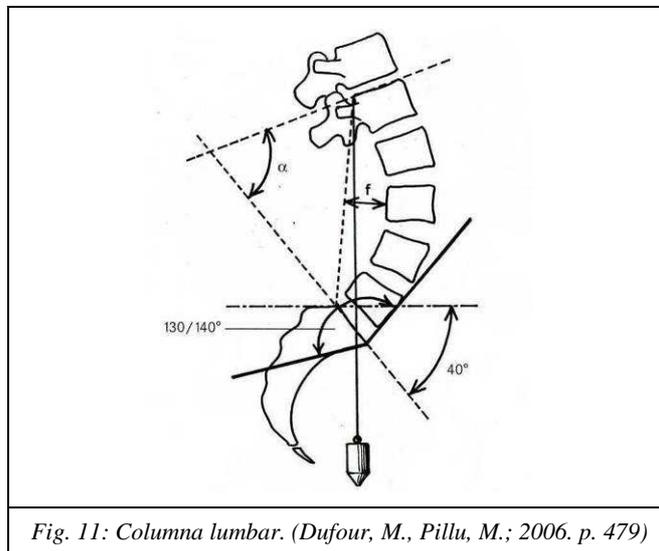
Ángulo de inclinación específico:

Sirve para medir la inclinación específica de una vértebra respecto a la horizontal. Se utiliza en las escoliosis sobre una toma frontal y se realiza en las vértebras límite superior e inferior. También en una toma lateral se utiliza para ver el grado de inclinación de la L₅ sobre la horizontal y sobre el sacro (Souchard, P; 2002. p. 93).



Roussouly.

La imagen radiológica de la columna lumbar permite ver el ángulo de lordosis (**a**), el ángulo sacrolumbar (130° a 140°), la inclinación de la meseta sacra (40°), la flecha lumbar (f), que es de alrededor de 1/5 parte del arco entre L₁ y L5 y el índice de plomada de L1 (normalmente se proyecta en la meseta sacra (Fig.11) (Dufour, M., Pillu, M.; 2006. p. 479).



Según Roussouly establece los siguientes ángulos normales en el plano sagital: (Roussouly, P. et col.; 2003)

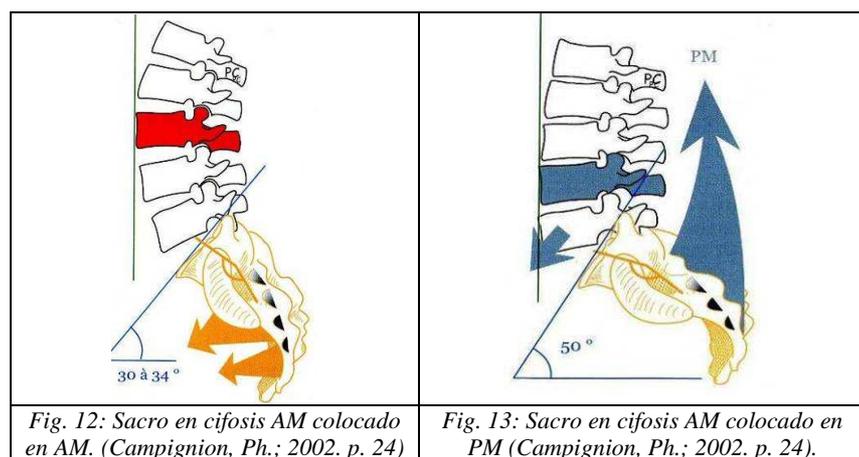
- El ángulo de lordosis (a), medido desde la cara superior de la L₁ a la cara superior de la meseta sacra, es de 70°.
- El ángulo sacrolumbar 130° a 140°.
- La inclinación de la meseta sacra respecto a la horizontal es de 40°.
- La flecha lumbar (f), que es de alrededor de 1/5 parte del arco entre L₁ y L₅. Esta línea va desde el vértice posterior superior de L₁ al vértice superior de la meseta sacra.
- El índice de la plomada de L₁ (normalmente se proyecta en la meseta sacra).
- El ángulo formado por la cara superior del sacro con la horizontal es de 37°.

En esta figura se observa el “arqueamiento” o lordosis lumbar representada por su flecha y su extensión. Se halla equilibrado si la proyección de L₁ se sitúa frente a la meseta sacra (si esta se proyecta hacia atrás, se habla de “índice de inversión de L₁”).

Método GDS

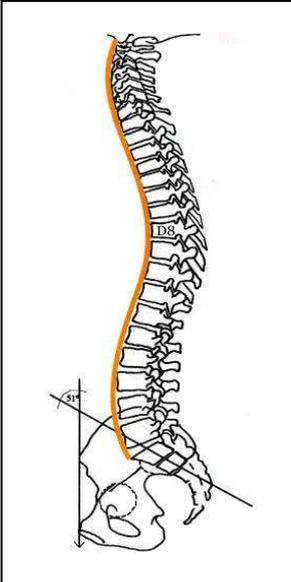
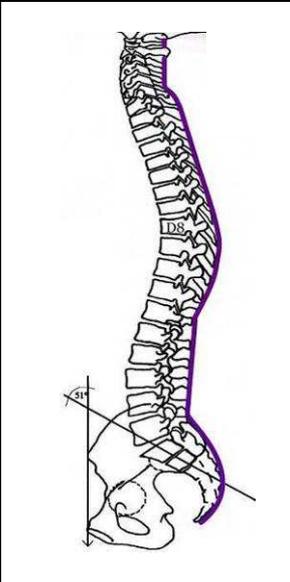
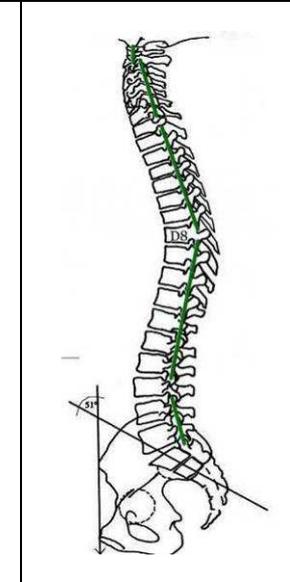
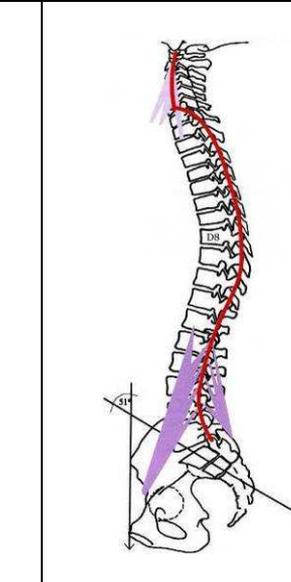
La noción de potencial de este método de concepción global de la postura establece tres tipos de sacro: neutro, cifosado y arqueado.

“El profesor De Sèze propone un ángulo ideal de inclinación del platillo sacro con respecto a la horizontal de alrededor de 34° que garantiza el apoyo de la columna y más particularmente el de L₅ sobre S₁”. “Este ángulo puede variar según la cadena muscular que predomine”. Para GDS, el ángulo sacro con la horizontal que define De Sèze, puede cambiar según la cadena muscular que predomine en el sujeto (Champignon, Ph.; Nociones de base; 2008. p. 24), (De Sèze, S.;Djian, A.) (Fig.s. 12 y 13).



Como sistema de medida se debe mencionar el ángulo sacro-ilíaco detallado en el punto anterior. El método GDS traza diferentes líneas sobre la columna con el fin de observar la postura, basándose en la observación radiológica como fuente de datos. Estas líneas son cuatro:

- Línea del anatomista. Une la parte anterior de los cuerpos vertebrales. Se trata de una curva sinusoidal (Fig.14).
- Línea del clínico o de las espinosas: une la parte posterior de la columna por encima de las espinosas. Tiene tramos curvos y tres segmentos rectilíneos (Fig.15).
- Línea del biomecánico: traza la línea de las articulares; es una línea quebrada (Fig. 16).
- Línea de las transversas: une las apófisis transversas y es sinusoidal (Fig.17).

			
<p><i>Fig. 14: Línea del anatomista. (Campignon, Ph.; 2002. p. 88)</i></p>	<p><i>Fig. 15: Línea de las espinosas. (Campignon, Ph.; 2002. p. 90)</i></p>	<p><i>Fig. 16: Línea del biomecánico. (Campignon, Ph.; 2002. p. 100)</i></p>	<p><i>Fig. 17: Línea de las transversas. (Campignon, Ph.; 2002. p. 102)</i></p>

La Tabla 1 (de elaboración propia) muestra a modo de resumen de la revisión bibliográfica realizada, las diferentes medidas angulares fisiológicas establecidas por diferentes autores. Todos ellos han sido referentes fundamentales y maestros en el mundo de la biomecánica, biometría y medicina. Entre ellos citamos a anatomistas como Delmas, reumatólogos como De Sèze, médicos como Stagnara o Pastrana, o fisioterapeutas como Dufour. Estas medidas han sido dadas como “Ideales” o neutras en el plano sagital, y han servido como referentes en estudios y trabajos en los que se necesitaba medir la estructura de la columna vertebral, la zona lumbar y la postura.

Las medidas mostradas en la Tabla 1 siguen aún vigentes y se han ido incorporando nuevos autores que aportan la idea de globalidad en la arquitectura del raquis y en la postura.

La existencia de instrumental y útiles clásicos empleados (en las mediciones sobre radiografías sobre las que se han medido y diagnosticado patologías raquídeas y se ha valorado la postura en el diagnóstico han permitido realizar desde hace décadas mediciones cuyo fundamento permanece vigente debido a su justificación teórica, conceptual y experimental, pero la irrupción de la tecnología, la informática y las herramientas matemáticas en el campo de la Biomecánica, el Deporte, la Ergonomía y la Fisioterapia, y la Medicina como sector de aplicación prioritario de la investigación, han planteado nuevos sistemas de medición, diagnóstico y exploración que abren la posibilidad de sistematizar los estudios a realizar.

	CIFOSIS	LORDOSIS L5-S1	MESETA con L5	MESETA SACRA con HORIZONTAL	FLECHA LORDOSIS	ANGULO SACROLUMBAR	RESORTE BIPEDO-VERTEBRAL	PINZA SACRO-ILIACA
De SÈZE ⁽¹⁾ (Kapandji y GDS)				30-34°				
ROUSSOULY ⁽²⁾ (por Dufour)		70°		40°	1/5 parte del arco de L1 a L5 y el índice de la plomada de L1	130-140°		
STAGNARA ⁽³⁾ (por Pastrana)	T4-L1 37°	L1-L5 50°	14°	41°				
KAPANDJI ⁽⁴⁾ (De Sèze)				Angulo Sacro 30°	(f) Flecha L1-L5: en L3 (r) Reversión posterior 140° nula, coincide con la cuerda de la lordosis.	Angulo lumbo-sacro 140° eje L5 – eje S1	T9 – L5 Tangente a L5 y L5 con coxis	
HDEZ. CORVO ⁽⁵⁾								
PASTRANA-FERRERO ⁽⁶⁾ Método GDS ⁽⁷⁾	T3 – T12 37°	T12 a L5 48°		37°				
CAMPIGNON (De Sèze)				30°-34°				51°
DIMEGLIO ⁽⁸⁾ (por SANTONJA)	T4-T12 37°	L1-L5 50°	14°	41°				

(1) De SÈZE y DJIAN, A. 1961. Cómo interpretar una radiografía vertebral. *Pas.*, 38-39 ED. Daimon. Da seis medidas esenciales para la interpretación de la lordosis lumbar. Citado por Kapandji y GDS Ph. Campignon. Los cuales dan las cifras de la normalidad.

(2) ROUSSOULY, P. y cols. 2003. Analyse géométrique et mécanique de la lordose lombaire dans une population de 160 adultes asymptomatiques: essai de classification. *Rev chir orthop.* 2003;89 : 632-639. (Citado por Dufour, M. 2006. *Biomecánica Funcional.* p. 479. ED Masson).

(3) STAGNARA, P. Scolioses idiopathique et évolution. *Journées de la Scoliose.* Lyon, 1979. Citado por Jiménez-Cosmes, L., en su artículo: Escoliosis idiopática juvenil. Características clínicas y aspectos evolutivos y pronósticos. *Monografías de Rehabilitación-* vol.3º 1990. Escoliosis y Cifosis juvenil. **Pastrana, R.** y col.

(4) KAPANDJI, LA. 1981. Cuadernos de fisiología articular. Pag. 78 y 79 El raquis lumbar en su conjunto. ED Masson. Cita las mediciones sobre radiografía por **De Sèze.**
Flecha de L1-L5: (f): Dibuja la cuerda de la lordosis desde el ángulo portero-superior de la L1 al ángulo posero-inferior de la L5 se traza la flecha que representa el máximo de curvatura que suele ser en la L3. La (r) Reversión posterior representa la distancia desde el borde posterior inferior de la L5 a la vertical que baja desde el ángulo portero superior de la L1 (r) reversion posterior: es nula, cuando coincide con la cuerda de la lordosis. L5: positiva, si el raquis lumbar está revestido hacia atrás y negativa, si está inclinado hacia adelante.

(5) HDEZ. CORVO, (17) | Hernández Corvo R. Talentes deportivos. 1ª ed. Madrid: B.O.C.M.; 1998.

(6) PASTRANA, R. FERRERO, A. 1990. Tratamiento ortopédico de la cifosis juvenil. *Monografías de Rehabilitación-* vol.3º 1990. Ángulos normales en el plano sagital.

(7) GDS. PH. CAMPIGNON. 2001. Cadenas Musculares y articulares Concepto G.D.S. Nociones de Base. Pag. 25- 85. 87 Lencina-Verdu editores.
La línea de orientación del sacro en el espacio une el centro teórico de la S1 a la S2. La línea de orientación del ilíaco en el espacio es una tangente que va desde la parte más avanzada de la Espina ilíaca antero-superior a la más avanzada del pubis. Se considera que el ilíaco está en posición neutra cuando la línea se confunde con la vertical. El ángulo que forman estas dos líneas es el sacro ilíaco y le llama Pinza Sacro-ilíaca.

(8) DIMEGLIO, A. 1991. *Ottopedia* infantil cotidiana. ED. Masson. Citado en el siguiente artículo de **SANTONJA MEDINA, F. 2000.** Valoraciones radiográficas de las alineaciones sagitales del raquis. *Selección* 9 (4): 216-229, 2000

Tabla 1 : Tabla de medidas angulares fisiológicas medias, "Ideales" o neutras en el plano sagital. Realización propia.

4. Material y método.

Se plantea como objetivo la elaboración de un modelo gráfico de la curvatura lumbar que se adapte a su contorno real y que permita trabajar con el concepto de postura.

Para tal fin se elegirán unas variables que de forma conjunta nos permiten obtener una representación gráfica de la morfología lumbar. Estas variables deben servir como conceptos para definir y valorar la postura de la zona lumbar.

Como antecedente de este estudio nos remitimos a la ponencia que sobre la actitud postural del deportista escribió la autora de este artículo donde se valora la actitud postural del deportista y la importancia del raquis lumbar en la arquitectura de la columna vertebral.

En esta ponencia también se detallan las mediciones hechas sobre radiografía en el plano sagital, para valorar el ángulo sacro y lumbosacro, la reversión y la flecha de la lordosis lumbar. Estas mediciones llevaron a identificar diferentes tipos de curva lumbar y a establecer diferentes actitudes posturales en los deportistas según la especialidad deportiva que realizaran (San Pedro, P.; 1997; p.85-94).

Variables geométricas que definen la postura.

Ante las mediciones clásicas basadas en ángulos y segmentos se propone dar un concepto postural de la morfología lumbar observando a la vez cinco variables que nos permiten obtener una representación gráfica de la morfología lumbar. Esta conformación morfología variará en función de los valores de estas variables. Se trata de obtener de forma gráfica el contorno más aproximado a la curva lumbar que los segmentos y valores angulares por separado no lo dan.

Descripción de las variables geométricas elegidas.

1. **Cuerda lumbar:** longitud del segmento L_1 - L_5 , donde L_1 es el vértice postero-superior de la vértebra L_1 , y L_5 es el vértice postero-inferior de la vértebra L_5 . Han sido descritas con diferente denominación como “cuerda de la lordosis lumbar” (Kapandji, I.A.; 1977; p. 78), o “cuerda del arco” (Busquet, L.; 2009; p. 28). La cuerda lumbar es una medida de referencia fundamental de la curva lumbar ya que interviene en los índices raquídeos propuestos más adelante: Reversión, Flecha de la lordosis.
2. **Flecha de la lordosis lumbar:** segmento que representa la máxima distancia desde la curva lumbar a la cuerda lumbar, medida sobre el pie de perpendicular de los puntos de la curva lumbar sobre la cuerda lumbar. Se presenta normalmente en L_3 y es mayor cuanto más acentuada sea la lordosis. Este indicador pretende incorporar a la caracterización de curva lumbar el concepto de máximo de curvatura y es mayor según sea más acentuada la lordosis, que en el caso de valores elevados pasa a denominarse hiperlordosis. La flecha será nula o con

valores próximos a 0 cuando el raquis presente rectificación y puede invertirse en algunos casos cuando exista cifosis lumbar

3. **Reversión:** es la inclinación anterior o posterior de la curva lumbar según la vertical de la plomada. Es la distancia comprendida desde el vértice postero-inferior de la L₅ y la plomada trazada desde el vértice postero-superior de la vértebra L₁. Según este criterio se mostrarán tres tipos: Curvatura de Reversión Neutra, Curvatura de Reversión Positiva, Curvatura de Reversión Negativa.
4. **Altura de la Lordosis Lumbar:** es el segmento que representa la máxima distancia desde la cuerda lumbar a la curva lumbar. Su posición se encuentra en la tangente a la curva lumbar con dirección paralela a la cuerda lumbar L₁-L₅. Según este criterio se mostrarán dos tipos de curvaturas: Si es más acentuada en la vértebra lumbar L₃ se llamará Curva en L₃. Si es más acentuada en la vértebra lumbar L₄, se llamará Curva en L₄.
5. **Ángulo Sacro:** Grado de horizontalidad del sacro. Este criterio se estima por la variable de Ángulo sacro (α_1). Este ángulo se mide entre la cara superior de S₁ o platillo Sacro y la horizontal y supone la mayor o menor angulación con la que la columna vertebral se acopla con el sacro. Un sacro muy horizontal y con ángulo sacro de valores muy elevados ($\alpha_1 \gg 34^\circ$) produce una gran inestabilidad. Un sacro muy vertical y con ángulo sacro de valores pequeños ($\alpha_1 \ll 34^\circ$) produce riesgo de compresión discal. Según este criterio se mostrarán dos tipos de curvaturas: Sacro vertical y Sacro horizontal.

Estas variables observadas conjuntamente definen la postura lumbar por diferentes criterios:

a) **Criterio de Reversión:**

Curvatura de Reversión Neutra (Fig.18):

Este tipo de curvatura va a caracterizar la posición del valor “neutro” de la variable de Reversión. Es la distancia comprendida desde el vértice del postero inferior de la L₅ y la plomada trazada desde el vértice postero-superior de la vértebra L₁. Representa la coincidencia de la plomada con la línea de la cuerda de la lordosis lumbar, (longitud del segmento L₁- L₅ que une el vértice postero-superior de la L₁ con el vértice póstero-inferior de la L₅), coincide con la vertical de la plomada que pasa por el ángulo postero-superior de la L₁, sin tener en cuenta otros valores como la flecha o el ángulo lumbo-sacro.

En este tipo de curva el reparto de peso sobre todas las lumbares es homogéneo y predispone al resto de la columna a un armonioso equilibrio.

Curvatura de Reversión Positiva (Fig.19) :

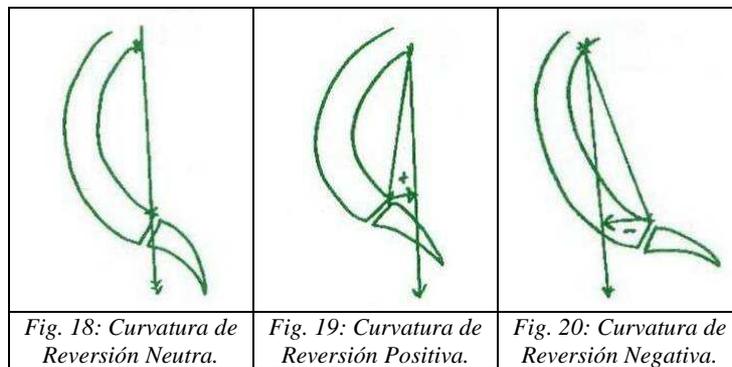
La cuerda de la lordosis lumbar(c), está por delante de la vertical de la plomada que pasa por el vértice postero-superior de la L₁.

En la medida va a haber un signo positivo (+). Cuando la distancia es muy acentuada, se dice que la persona está sentada sobre su propio sacro y tiene que equilibrarse con dorsales o miembros inferiores.

Curvatura de Reversión Negativa (Fig.20):

La cuerda de la lordosis lumbar está por detrás de la vertical de la plomada que pasa por el ángulo postero-superior de la L₁. En este modo de curva cabe esperar que el comportamiento de la curva dorsal compense suavizando las curvaturas de la columna.

En la medida va a haber un signo negativo (-).



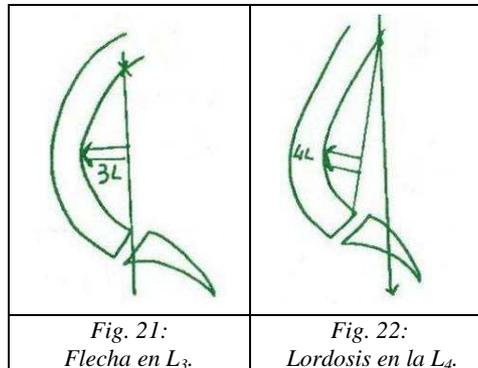
b) Criterio de altura de la curva:

Curvatura en L₃ (Fig.21):

La flecha de la lordosis lumbar que es el segmento que representa la máxima distancia desde la cuerda lumbar a la curva lumbar, es más acentuada en la vértebra lumbar L₃. Esta disposición de la curva suele ser la más normal, repartiendo el peso corporal sobre las lumbares de forma homogénea. Indistintamente la disposición de la curva puede ser en retroversión neutra, positiva o negativa y la longitud de la cuerda sea más o menos larga.

Curvatura en L₄ (Fig.22):

La flecha de la lordosis lumbar es más acentuada por debajo de la L₃, la curva lumbar, se caracteriza por el cambio brusco de dirección entre el sacro, que suele ser horizontal y la columna lumbar, que cambia de dirección hacia arriba y atrás.



c) **Horizontalidad del sacro:**

Sacro horizontal (Fig.23):

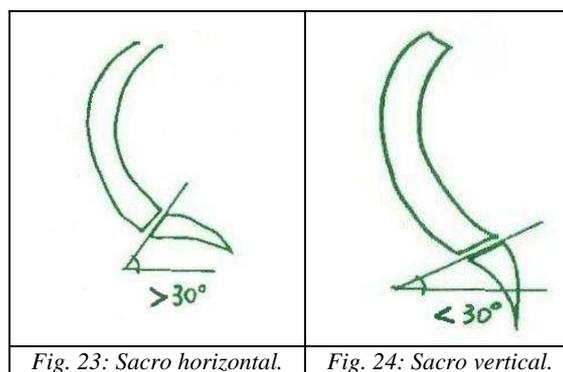
Ángulo medido entre la cara superior de S₁ o Platillo Sacro y la horizontal.

Este indicador pretende incorporar a la caracterización de curva lumbar el concepto de grado de horizontalidad del sacro por ser fundamental en la biomecánica de la columna: de su valor va a depender la forma en la que el sacro recibe a la columna vertebral, especialmente a la L₅ independientemente de cómo sea la morfología del sacro (neutro, cifosis o lordosis). La angulación ideal de la cara superior de S₁ y la horizontal ha sido determinada alrededor de unos 30°-34° (De Sèze, S.; 1961. p. 39).

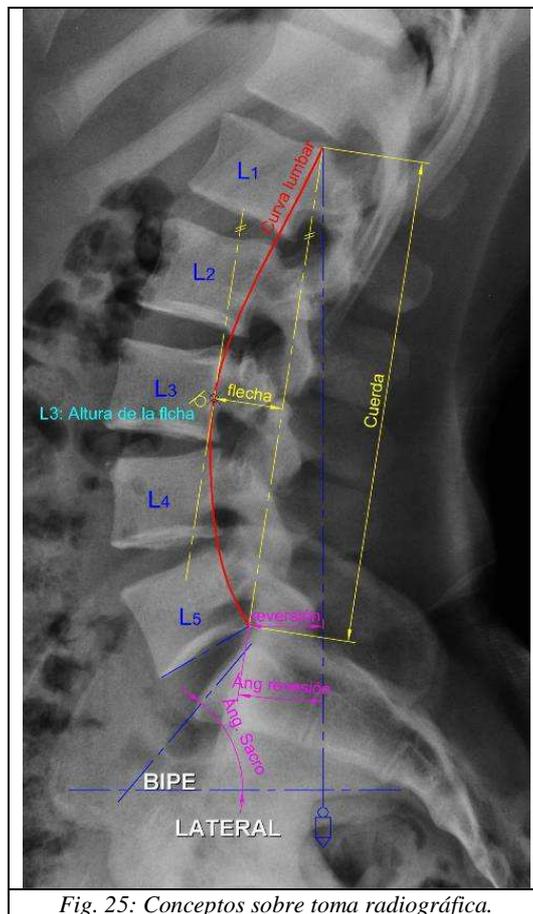
Sacro vertical: (Fig.24)

Un sacro muy vertical y con ángulo sacro de valores pequeños ($\alpha_1 \ll 34^\circ$) favorece la estabilidad pero a cambio de una gran compresión del disco intervertebral de L₅-S₁.

“El profesor De Sèze propone un ángulo ideal de inclinación del platillo sacro con respecto a la horizontal de alrededor de 34° que garantiza el apoyo de la columna y más particularmente el de L₅ sobre S₁”.



En la siguiente figura (Fig. 25) se muestran las diferentes variables sobre una toma radiográfica.



5. Conclusiones

La columna vertebral es una estructura compleja que constituye el eje principal del cuerpo humano. Es relevante, entre otros, el papel que ésta desempeña tanto en la biomecánica del individuo como en la aportación a la definición de su postura.

Las curvaturas del raquis se han medido históricamente con el objeto de describir la normalidad biométrica humana o de valorar sus alteraciones. En este artículo se ha realizado la revisión bibliográfica de las mediciones realizadas por diferentes autores sobre la columna vertebral con el objeto aplicar su conocimiento a la elaboración de un modelo gráfico de la curvatura lumbar en el plano sagital.

Mediante el trazado de un contorno ajustado al perfil real del raquis, obtenido a partir de variables geométricas admitidas y conceptos relacionados con la postura, se pretende caracterizar gráficamente el aspecto de la postura humana que tiene su origen en la región lumbar.

Este paso se considera fundamental para la sistematización y modelización postural global del individuo, una vez se determinen las posibles relaciones de dependencia entre las variables propuestas y se amplíe el estudio a otras regiones y conceptos fundamentales en el análisis de la postura.

6. Bibliografía

CAMPIGNION, P., (2008). Cadenas Musculares y Articulares, Concepto G.D.S. Aspectos biomecánicos. Nociones de base. Lencina-Verdú, Alicante (España), pp. 141.

COBB, J. R., (1948). Instr Course lect AAOS,5; p.261-275.

DE SÈZE, S., DJIAN, A. (1961). Savoir interpreter une radiographie vertébrale. De Rhode-St-Géneve. Belgica: De Visscher;

DUFOUR, M., PILLU, M. (2006). Biomecánica funcional: Bases anatómicas. Estabilidad. Movilidad. Tensiones. 13ª ed. Barcelona: MASSON ELSEVIER. .

HERNÁNDEZ CORVO, R. (1998). Talentos deportivos. 1ª ed. Madrid

KAPANDJI, IA. (1977). Cuadernos de fisiología articular. Tomo 3. Tronco y raquis. 2ª ed. Barcelona: Toray-Masson, S.A.

PASTRANA, R., FERRERO, A. (1990). Tratamiento ortopédico de la cifosis juvenil. p. 195-204. In: Escoliosis y cifosis juvenil. Madrid: Ferjisa. p. 195-204.

PASTRANA, R., JIMÉNEZ COSMES, L. (1990). Escoliosis idiopática juvenil. In: Escoliosis y cifosis juvenil. Madrid: Ferjisa; p. 33-34.

ROUSSOULY, P., et col, (2003). Analyse géométrique et mécanique de la lordose lombaire dans une population de 160 adults asymptomatiques: essai de classification. 89, 632-639.

ROUVIÈRE, H., DELMÁS, A. (2005). Anatomía Humana. 11ª española ed. Barcelona: Masson; 2005.

SAN PEDRO OROZCO, P. (1997). Valoración cuantitativa de la actitud postural del deportista. In: Miguelturra - Ciudad Real. ed. Ciudad Real: EZR Estudio Digital; p. 85-94.

SANTONJA MEDINA, F., PASTOR CLEMENTE, A., SERNA GARCÍA, L., (2000). Valoración radiográfica de las desalineaciones sagitales del raquis. Ortopedia 9, 216.

SOUCHARD, P. (2002). Escoliosis. Su tratamiento en fisioterapia y ortopedia. 1ª ed. Madrid: Médica Panamericana S.A.

STAGNARA, P. (1979). Scolioses idiopathiques et evolution. Journées de la scoliose. Lyon.

TITTEL, K. (1972). Biomechanical Developmental Tendencies of Athletics Movements in the Further Differentiation and integration of Sport Science (M-04).

WIELKI, C. (1985). Las desviaciones de las curvaturas del raquis en los deportistas. Ciencia y Deporte. I(0):45,46,47.