



Balance sagital en columna vertebral: conceptos y aplicación básica

Sagittal balance in the spine: concepts and basic application

Ernesto León-Vega,* Omar Jorge Castellón-Benavides,† Everardo Escamilla-Gutiérrez,‡,§
Ángel Iván Smirnov Castro,¶ Ildefonso Muñoz-Romero,‡ Jaime Jesús Martínez-Anda,‡
Miguel Ángel Collado Ortiz,|| Roberto A De Leo-Vargas‡

Citar como: León-Vega E, Castellón-Benavides OJ, Escamilla-Gutiérrez E, Smirnov CÁI, Muñoz-Romero I, Martínez-Anda JJ et al. Balance sagital en columna vertebral: conceptos y aplicación básica. An Med ABC. 2022; 67 (4): 293-299. <https://dx.doi.org/10.35366/108782>

RESUMEN

El balance sagital es la armonía que guardan las curvaturas de la columna vertebral en relación a la pelvis para mantener una posición energéticamente eficiente. Para medir esta relación se utilizan diversos parámetros, dentro de los cuales los primordiales son: incidencia pélvica, inclinación pélvica, inclinación sacra y lordosis lumbar, este último es de gran relevancia al ser directamente relacionada con la postura. Las radiografías totales de columna son una herramienta accesible para determinar este balance. Las alteraciones del balance sagital se dividen en congénitas y degenerativas, las cuales se manifestarán como dolor crónico, fatiga, menor tolerancia al ejercicio y cambios en la postura que pueden impedir el desarrollo de las actividades cotidianas, un diagnóstico oportuno puede ayudar a un tratamiento preventivo que resulte en una mejor calidad de vida.

Palabras clave: balance sagital, incidencia pélvica, inclinación pélvica, lordosis lumbar.

Nivel de evidencia: III

ABSTRACT

Sagittal balance is the harmony between the curvatures of the spine in relation to the pelvis, with the purpose of maintain an energy efficient position. To measure this relationship, various parameters are used, among which the main ones are: pelvic incidence, pelvic inclination, sacral inclination and lumbar lordosis, the latter is of great relevance as it is directly related with posture. Total spinal radiographs are an accessible tool to determine this sagittal balance. Sagittal balance alterations are divided into congenital and degenerative, which will manifest as chronic pain, fatigue, less tolerance to exercise and changes in posture that can impede the development of daily activities, an early diagnosis can help preventive treatment, resulting in a better quality of life.

Keywords: sagittal balance, pelvic incidence, pelvic tilt, lumbar lordosis.

Level of evidence: III

www.medigraphic.org.mx

* Médico pasante del Servicio Social en Medicina.

† Médico Especialista en Neurocirugía.

§ Residente de Cirugía de Columna, *Fellowship* Cirugía de Columna.

¶ Médico General.

|| Médico Especialista en Anestesiología.

Correspondencia:

Ernesto León-Vega

E-mail: eleon977@gmail.com



Abreviaturas:SRS = *Scoliosis Research Society*.

PI = Incidencia pélvica.

PT = Inclinación pélvica.

SS = Inclinación sacra.

LL = Lordosis lumbar.

SVA = Eje vertical sagital.

SPA = Ángulo espino-pélvico.

GAP = *Global Alignment and Proportion*.

INTRODUCCIÓN

La columna vertebral es una estructura altamente funcional y especializada en movimiento, soporte y protección de estructuras neurales. Está conformada por estructuras óseas, músculo, tejido conectivo, alineamiento y balance, lo cual se aborda en este artículo, ya que debe existir una proporción y simetría de las estructuras que conforman al raquis para permitir su labor sofisticada.

El tópico sobre balance sagital es relativamente reciente al tener sentadas sus bases en trabajos publicados en los últimos 20 años, donde diversos autores han plasmado los conceptos que marcan diversas líneas de investigación. Es de alta relevancia conjuntar conceptos indispensables para dar una orientación al clínico para la identificación de pacientes con probables alteraciones en el balance sagital.

1. Recuento anatómico de la columna

La columna vertebral es una estructura que nos permite la bipedestación, la deambulación en dos extremidades y proteger las estructuras neurales a través de su diseño biomecánico.¹ Esto adquiere un eje coronal recto y sagital con curvaturas definidas que serán objeto de enfoque para este tema. El raquis está constituido por 33-34 vértebras superpuestas y se dividen en cervical (C1-C7), torácica (T1-T12), lumbar (L1-L5), sacro cóccigea (S1-S5 y Cóccix -de cuatro a cinco vértebras fusionadas-).²

Posee dos pares de curvaturas que las podemos considerar como primarias y otras secundarias.

La curvatura primaria es cóncava hacia adelante y es consecuencia de la flexión ventral del embrión. Esta curvatura primaria persiste en el adulto en forma de dos cifosis: la curvatura torácica y la curvatura sacra.^{3,4}

Las curvaturas secundarias son consecuencia del desarrollo muscular del feto y luego se mantienen como lordosis. Estas curvaturas secundarias son: la curvatura cervical y la curvatura lumbar.^{3,5}

La bipedestación en el ser humano es resultado del ensanchamiento y verticalización de la pelvis, así

como de cambios profundos en los músculos erectores de la columna que conlleva a la aparición de las curvas espinales sagitales.⁶

La forma y distribución de estas curvaturas cumplen la tarea de dar estabilidad y ergonomía a través de una distribución simétrica de las diferentes fuerzas y movimientos, manteniendo, de ser posible, el menor consumo de energía, lo que minimiza el efecto de la gravedad en articulaciones, músculos y ligamentos.^{7,8}

La investigación en años previos ha dado la base de los conceptos teóricos para comprender y afirmar la importancia de estas nociones, donde ahora se buscan pautas clínicamente relevantes que establezcan el papel de la alineación sagital en el tratamiento de varios espectros de patologías espinales.

2. Definición

Diversos autores han hablado acerca del balance sagital; no existe un concepto único, ya que se trata de un conjunto de parámetros que la definen como la angulación, posición, estabilidad y movilidad rodeados de una arquitectura ósea, muscular y de tejido conectivo, que en su conjunto y en ausencia de patología nos proporcionan una armonía entre parámetros espinales y pélvicos para lograr que la cabeza, los hombros y la pelvis se mantengan encima de los pies de una forma energéticamente eficiente.

En el año de 1994 Doubusset introdujo un concepto llamado «cono de economía» haciendo referencia a esto como el equilibrio perfecto que requiere un mínimo de gasto energético.⁹

La *Scoliosis Research Society* (SRS por sus siglas en inglés) ha descrito que el equilibrio sagital ocurre cuando una plomada trazada desde el centro del cuerpo de C7 se encuentra dentro de ± 2 cm del promontorio sacro.¹⁰

Dentro del concepto de «balance sagital» se agrupa una serie de medidas y ángulos que describen la relación de la columna con respecto al piso y de la columna con respecto a la pelvis.^{11,12}

Para comprender mejor el equilibrio sagital debemos examinar en primera instancia la posición del centro de gravedad y de la línea de gravedad, siendo necesario saber que se trata de dos conceptos distintos, pero íntimamente relacionados.^{6,13}

En una persona con una columna equilibrada, la línea de gravedad atraviesa la cabeza femoral. Frontalmente se encuentra a lo largo de una línea vertical que pasa por el sacro y perpendicular al suelo lateralmente a través de una línea vertical situada

ligeramente hacia atrás de las cabezas femorales.¹³ La línea de gravedad representa el área de reacción con el suelo y permite análisis del balance a realizar.⁶

El centro de gravedad se refiere al punto imaginario donde es aplicado el peso total de todas las fuerzas del cuerpo, se encuentra frente a la columna vertebral. Diversos autores señalan localizaciones distintas, pero en su conjunto la mayoría coincide que se encuentra frente a L5.¹⁴

3. Valores de referencia de los parámetros pélvicos

Con los parámetros pélvicos descritos por Roussouly P y colaboradores¹⁵ fue posible definir la geometría pélvica y la relación de esta misma con la posición de la pelvis. En otras palabras, por primera vez fue posible relacionar la forma y función de la pelvis.

A continuación se describen los conceptos básicos de los parámetros involucrados en el balance sagital:

a. Eje vertical sagital (SVA por sus siglas en inglés *Sagittal Vertical Axis*)

Se utiliza para documentar la ubicación de la cabeza con respecto al centro de gravedad normal (desplazamiento de la cabeza del promontorio sacro). Esto se identifica por una línea de plomada de C7 (*C7 Plumb line*), la cual es una línea vertical desde el punto medio del cuerpo de C7 que pasa por el platillo superior del sacro y es normal: $A \pm 2$ cm del promontorio del sacro, y hasta el platillo superior del sacro. Valor normal: -0.05 m \pm 2.5 cm.¹⁶

b. Ángulo espino-pélvico (SPA por sus siglas en inglés *Spinopelvic angle*)

Éste es el ángulo entre una línea desde el centro de C7 hasta el centro de la superficie superior de S1 y una línea desde el centro del platillo terminal del sacro hasta el centro de la cabeza femoral. Este ángulo aumenta en cifosis y por lo tanto, es un ángulo de postura.¹⁷

c. Incidencia pélvica (PI por sus siglas en inglés *Pelvic Incidence*)

La incidencia pélvica se define como el ángulo formado entre una línea perpendicular al punto medio del platillo superior del sacro y la línea que une este último con el centro de las cabezas femorales^{18,19} (*Tabla 1*).

Tabla 1: Valores de referencia de los parámetros pélvicos.²⁹

	Promedio*	Rango mínimo*	Rango máximo*
Incidencia pélvica	52	33	84
Inclinación pélvica	12	6	31
Inclinación sacra	40	21	66

* Los datos indican los grados de angulación.

d. Inclinación pélvica (PT por sus siglas en inglés *Pelvic Tilt*)

La pelvis puede rotar alrededor de las cabezas femorales siguiendo el eje bicoxo-femoral. Este ángulo se forma por la unión de una línea vertical que inicia en el centro de las cabezas femorales y una línea que inicia en el centro de las cabezas femorales y se dirige hacia el centro de la plataforma de la plataforma superior de S1.^{15,19} La inclinación pélvica es positiva cuando la plataforma sacra está detrás de la cadera y es negativa cuando está en frente de ella (*Tabla 1*).

e. Pendiente sacra (SS por sus siglas en inglés *Sacral Slope*)

Se define como el ángulo que se forma entre una línea sobre la plataforma superior de S1 y una línea horizontal trazada a la porción más alta del sacro. Se describe un sacro vertical por un valor bajo de pendiente sacra, un sacro horizontal por un alto valor de pendiente sacra¹⁹ (*Tabla 1*).

Los valores de la *Tabla 1* son valores de referencia promedio y los mínimos y máximos que pueden presentarse; sin embargo, los valores considerados adecuados en un adulto sano son: incidencia pélvica una proporción normal entre 43° y 62°. El rango de valor para la pendiente sacra fue de 32° a 49° y de 3° a 18° para la inclinación pélvica.²⁰

Existente una relación entre estos últimos tres parámetros. La incidencia pélvica es igual a la suma aritmética de la pendiente sacra y la inclinación pélvica ($PI = PT + SS$)²¹⁻²³ (*Figura 1*). La morfología de la pelvis está determinada por la incidencia pélvica, esto lo hace un parámetro constante y estable hasta la edad adulta; con esto podemos decir que el valor de PI corresponde a una PT específica y por consiguiente, a una SS igualmente propia. El conocimiento de estos parámetros y su

relación permite analizar los mecanismos compensatorios.^{6,24}

Numerosos estudios han destacado la relación de la columna y la pelvis en equilibrio de pie en adultos y niños, particularmente a través del efecto de la lordosis lumbar^{16,25} y también en conjunto con las injerencias de la columna cervical.

4. Lordosis lumbar

La lordosis lumbar es uno de los parámetros que más relevancia cobra al estudiar el plano sagital. Es importante señalar que no es un parámetro general para toda la población, sino un valor que es dado por la SS de cada individuo.^{26,27}

Ésta se define como la medida sagital del ángulo de Cobb que va desde el platillo terminal superior de L1 hasta la plataforma del sacro.²⁸ Acorde a cada autor puede variar el rango normal de lordosis lumbar, pero en parámetros globales se puede establecer un valor normal de entre 20° y 70°.^{9,28}

En 2005 Roussouly y colaboradores¹⁵ desarrollaron un estudio donde describieron la morfología y la organización de la lordosis lumbar en relación a la posición y forma de la pelvis, proponiendo así una clasificación de los tipos de lordosis lumbares. Hasta la fecha esta clasificación ha sido bien aceptada, ya que su conocimiento proporciona una conducta para un mejor diagnóstico de las enfermedades degenerativas de la columna y una mejor estrategia de tratamiento. Dicha clasificación establece cuatro tipos de lordosis:^{25,29}

a. Lordosis tipo 1: el punto de inflexión, que se refiere al lugar donde la orientación de los cuerpos vertebrales cambia, es en el nivel L3/L4. La pendiente sacra es menor de 35° y la incidencia pélvica es baja.

b. Lordosis tipo 2: el punto de inflexión es mayor y se localiza a nivel de L1-L2. La pendiente sacra resulta menor de 35° y la incidencia pélvica es baja.

c. Lordosis tipo 3: en ésta el punto de inflexión está localizado en T12-L1. El valor de la pendiente sacra se encuentra entre 35° y 45°. Aquí la incidencia pélvica es alta.

d. Lordosis tipo 4: el punto de inflexión se localiza en T9-T10. La pendiente sacra aumenta su valor, siendo superior a 45°. Al igual que la anterior, la incidencia pélvica es mayor.

De esta manera la lordosis lumbar está regulada por la PI y la SS, por lo que si aumenta una, la otra también lo hará a la inversa.²⁵

5. Implicación clínica del balance sagital

Como podemos ver hay variaciones en el grado de curvatura normal; sin embargo, esta forma permite distribución equitativa de fuerzas a través de la columna vertebral. La interrupción de este equilibrio por procesos patológicos o envejecimiento resulta en deformidad.¹⁶ Es aquí donde las diversas patologías, que pueden alterar la armonía del balance, ocasionan que cuando el cuerpo pierde el correcto balance se requiera compensación y varios mecanismos entran en juego.^{28,30} Existen diversas patologías que pueden condicionar directamente un desbalance sagital, por lo que se recomienda estudiar los parámetros relacionados al balance sagital para establecer si existe una alteración en los mismos y así orientar un manejo integral.

Podemos dividir estas patologías que afectan a los diferentes grupos etarios. En adolescentes ocurre principalmente a consecuencia de la enfermedad de Scheuermann, que se define como una deformidad

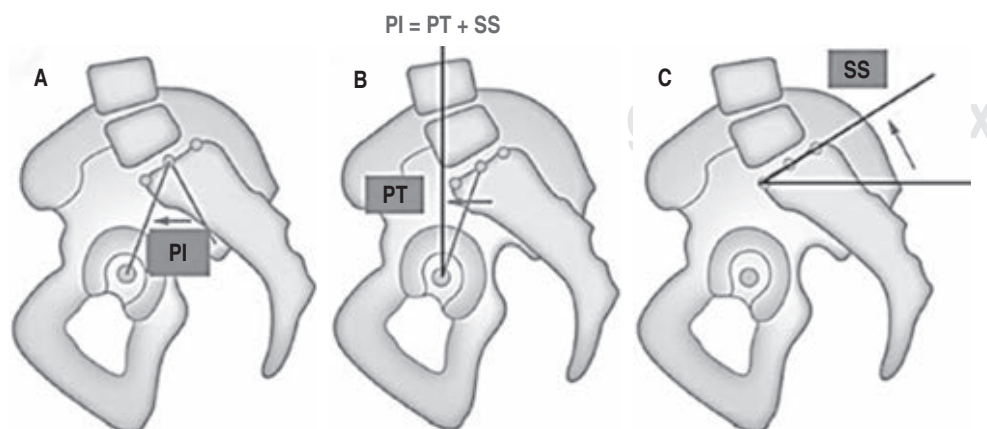


Figura 1:

Angulaciones pélvicas.²¹

Parámetros pélvicos: **A)** Incidencia pélvica (PI). **B)** Inclinción pélvica (PT).

C) Inclinción sacra (SS).

estructural de la columna, que presenta hiper cifosis angular estructural progresiva y dolorosa.¹⁶ Algunos pacientes a esta edad no son diagnosticados con dicha enfermedad, sino hasta la edad adulta con una cifosis exagerada.³¹

En el grupo de las personas de 40 a 50 años de edad encontramos como principal causa la espondilitis anquilosante,¹⁶ una artropatía crónica que se caracteriza por alteraciones fibróticas o con osificaciones que forman uniones entre las articulaciones de la columna, ya sea de las articulaciones facetarias o entre los discos intervertebrales.³²

El último grupo abarca a las personas de 60 años o más, donde la enfermedad que toma importancia para presentar alteraciones del plano sagital es la artritis degenerativa de la columna,^{16,23} que abarca una gran variedad de mecanismos involucrados por alimentación, ejercicio, ocupación, práctica de deportes y procesos degenerativos propios de la edad, entre otros.

La columna que se ve afectada por las alteraciones degenerativas puede realizar algunos de los siguientes cambios con el objetivo de corregir cualquier tendencia hacia el desequilibrio:^{6,30}

1. La contracción de los músculos espinales posteriores eleva el tronco verticalmente, lo que requiere un esfuerzo anormal doloroso de los músculos de la columna para evitar que caigan hacia delante.
2. Retroversión de la pelvis alrededor de las cabezas femorales.
3. La hiperextensión de las caderas.
4. Flexión de las rodillas controlada por el cuádriceps.

Estos mecanismos exigen al cuerpo mayor requerimiento energético innecesario, lo que provoca fatiga crónica y dolor de espalda que se acentúan al realizar actividad física o si se permanece mayor tiempo en bipedestación.³⁰

La línea gravitacional permanece bastante constante con la edad; sin embargo, el grado de la cifosis torácica asociada con la edad cambiaría la plomada anteriormente con una retroversión compensatoria de la pelvis aumentando la inclinación pélvica para mantener la línea de gravedad constante y un equilibrio sagital adecuado.¹²

6. Métodos diagnósticos de desbalance sagital

La deformidad del plano sagital se puede evaluar clínicamente y con estudios de gabinete con radiografías totales de columna. La ventaja de los marcadores radiográficos es que proporcionan una eva-

luación objetiva de la magnitud de la deformidad y el grado de corrección necesarios para restaurar el equilibrio.^{16,33}

Estos marcadores sirven para obtener la posición de la cabeza, la orientación de la mirada e inclinación de la columna torácica y lumbar.

La medición precisa de éstos depende de obtener la imagen correcta con un adecuado posicionamiento del paciente al momento de tomar las radiografías.^{16,34}

Se han desarrollado varias escalas o puntuaciones, las cuales al tomar las mediciones de algunos de los parámetros que se han comentado, dan una idea de la situación espino-pélvica del paciente con la finalidad de poder establecer un diagnóstico de desbalance sagital que ayudará a establecer un pronóstico.³⁵

Cabe mencionar que varias de estas escalas requieren el conocimiento de más angulaciones propias de la columna, las cuales se enfocan en el tratamiento y la planeación quirúrgica, el cual es llevado a cabo por el especialista en columna vertebral.

Recientemente se describió la puntuación GAP (*Global Alingment and Proportion*), que es un método proporcional basado en la incidencia pélvica, y que consiste en analizar el plano sagital, el cual con una alta exactitud evalúa el alineamiento y es un auxiliar en la predicción de complicaciones mecánicas después de la cirugía para adultos.³⁶

Para poder extraer el puntaje, el GAP Score, se requiere la medición radiográfica de PI, SS, LL y *Global Tilt* (inclinación global de la columna) para que a través de operaciones aritméticas se obtenga la versión pélvica relativa (la medida menos la pendiente sacra ideal), lordosis lumbar relativa (la medida menos la lordosis lumbar ideal), índice de distribución de la lordosis (la lordosis L4-S1 dividida entre la lordosis L1-S1 multiplicada por 100), alineación espino-pélvica relativa (la medida menos la inclinación global ideal) y el factor de edad, que en conjunto darán el alineamiento y proporción global para ubicar a nuestro paciente en una categoría.³⁶

Se presentan radiografías de dos pacientes con sus mediciones radiográficas y el puntaje obtenido en el GAP Score con el propósito de ejemplificar y proyectar la imagen clínica con la radiológica para poder integrar los conceptos previamente descritos.

Caso 1 (*Figura 2*). En este primer caso tenemos un paciente al cual se le realiza radiografías totales de columna. Se toman mediciones radiográficas obteniendo los siguientes resultados: SVA: -2.4 cm, parámetros pélvicos (PI: 49.6°, PT: 11.5°, SS: 38.1), Lordosis Lumbar: 55.7°, y *Global Tilt*: -6.6°. Se lleva a cabo la fórmula para evaluar la puntuación GAP

Score³⁶ obteniendo dos puntos, que lo clasifica como una alineación proporcionada del balance sagital.

Como se observa, este paciente cumple con un adecuado balance sagital, donde la PI, PT y la SS se encuentra en rangos promedio, dando así por correlación una lordosis lumbar igualmente normal sin presentar cambios posturales como retroversión de la pelvis o hiperextensión de la cadera.

Caso 2 (Figura 3). En el segundo caso, de igual manera se realizaron radiografías totales de columna, en las cuales se observa una importante degeneración de los discos intervertebrales, además de osteofitos multinivel. Las mediciones obtenidas son: SVA: 15.3 cm, parámetros pélvicos (PI: 83.5.1°, PT: 29.1°, SS: 54.4.), lordosis lumbar: 50.1°, y *Global Tilt*: 6.9°. Por puntuación GAP Score obtiene ocho puntos que corresponde a un balance sagital severamente desproporcionado.

Este paciente presenta una incidencia pélvica alta, por consiguiente una inclinación pélvica alta y una pendiente sacra igualmente elevada. Esta alta pi se traduce en mayor capacidad de retroversión y mayor posibilidad de compensación, la cual realiza el paciente al inclinarse hacia adelante, llevando su línea de gravedad por delante de las cabezas femorales.

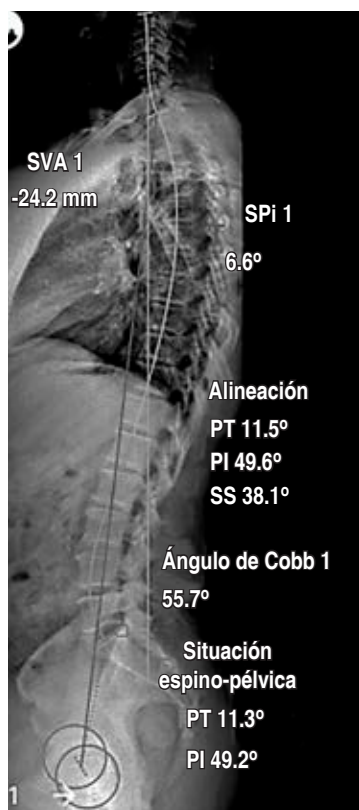


Figura 2:

Radiografía de paciente del caso 1. Descripción de caso de paciente con adecuado balance sagital, con mediciones de incidencia pélvica (PI), inclinación pélvica (PT), inclinación sacra (SS), lordosis lumbar por ángulo de Cobb y eje vertical sagital (SVA).

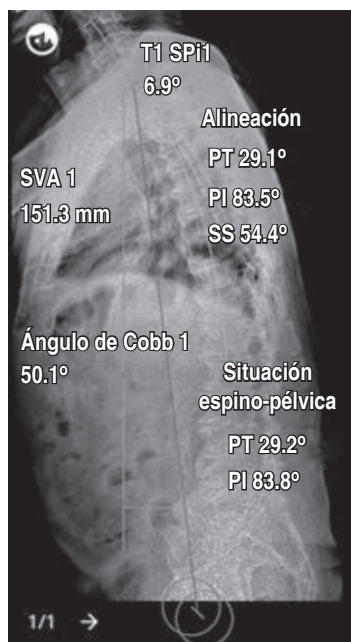


Figura 3:

Radiografía de paciente del caso 2. Paciente con alteración del balance sagital, se toman mediciones de incidencia pélvica (PI), inclinación pélvica (PT), inclinación sacra (SS), lordosis lumbar por ángulo de Cobb y eje vertical sagital (SVA).

CONCLUSIÓN

El balance sagital puede ser un concepto desconocido; sin embargo, nos debe remitir a una seria introducción de su conocimiento en el área clínica, ya que no sólo debe ser del dominio de la especialidad porque la detección oportuna de una alteración sagital puede favorecer la atención y el tratamiento precoz, el cual es importante establecer desde este momento para evitar posturas inadecuadas que generen a largo plazo cambios en la curvaturas normales de la columna vertebral, pues el fortalecimiento de la musculatura del esqueleto axial es el mejor tratamiento para evitar que estos problemas evolucionen al grado de requerir un tratamiento quirúrgico, y/o afectar la calidad de vida de los pacientes con alteraciones del balance sagital.

REFERENCIAS

- Holck P. Cervikalcolumnas anatomi. Tidsskr den Nor Laegeforening. 2010; 130 (1): 29-32.
- Latarjet M, Ruiz LA. Anatomía humana. 5 ed. Buenos Aires: Editorial Panamericana; 2019.
- Pro EA. Anatomía Clínica. 2 ed. Buenos Aires: Editorial Panamericana; 2014.
- Kaplan KM, Spivak JM, Bendo JA. Embryology of the spine and associated congenital abnormalities. Spine J. 2005; 5 (5): 564-576.
- Tardieu C, Bonneau N, Hecquet J, Boulay C, Marty C, Legaye J et al. How is sagittal balance acquired during bipedal gait acquisition ? Comparison of neonatal and adult pelvis in three dimensions. Evolutionary implications. J Hum Evol. 2013; 65 (2): 209-222. Available in: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhevol.2013.06.002>

6. Le Huec JC, Saddiki R, Franke J, Rigal J, Aunoble S. Equilibrium of the human body and the gravity line: the basics. *Eur Spine J*. 2011; 20 Suppl 5: 558-563.
7. Scheer JK, Tang JA, Smith JS, Acosta FL, Protopsaltis TS, Blondel B et al. Cervical spine alignment, sagittal deformity, and clinical implications: a review. *J Neurosurg Spine*. 2013; 19 (2): 141-159.
8. Diebo BG, Varghese JJ, Lafage R, Schwab FJ, Lafage V. Sagittal alignment of the spine: What do you need to know? *Clin Neurol Neurosurg*. 2015; 139: 295-301. Available in: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clineuro.2015.10.024>
9. Berven S, Wadhwa R. Sagittal alignment of the lumbar spine. *Neurosurg Clin N Am*. 2018; 29 (3): 331-339. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.nec.2018.03.009>
10. Legaye J, Duval-Beaupère G, Hecquet J, Marty C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J*. 1998; 7 (2): 99-103.
11. Alfredo Guiroy, Martín Gagliardi, Alfredo Sícoli, Nicolás Gonzalez Masanés, Alejandro Morales Ciancio, Pablo Jalón JJM. Parámetros sagitales espino-pélvicos en una población asintomática Argentina. *Surg Neurol Int*. 2018; 9 (Suppl 1): S36-S42.
12. Schwab F, Lafage V, Patel A, Farcy J. Sagittal plane considerations and the pelvis in the adult patient. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009; 34 (17): 1828-1833.
13. Gangnet N, Pomeroy V, Dumas R, Skalli W, Vital JM. Variability of the spine and pelvis location with respect to the gravity line: a three-dimensional stereoradiographic study using a force platform. *Surg Radiol Anat*. 2003; 25 (5-6): 424-433.
14. Legaye J, Duval-Beaupère G. Influence of a variation in the position of the arms on the sagittal connection of the gravity line with the spinal structures. *Eur Spine J*. 2017; 26 (11): 2828-2833.
15. Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J*. 2011; 20 Suppl 5 (Suppl 5): 609-618.
16. Roussouly P, Nnadi C. Sagittal plane deformity: an overview of interpretation and management. *Eur Spine J*. 2010; 19: 1824-1836.
17. Mac-Thiong JM, Transfeldt EE, Mehdod AA, Perra JH, Denis F, Garvey TA et al. Can C7 plumbline and gravity line predict health related quality of life in adult scoliosis? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009; 34 (15): E519-527.
18. Tardieu C, Hecquet J, Benaim C, Mouilleseaux B, Marty C. Sagittal alignment of spine and pelvis regulated by pelvic incidence: standard values and prediction of lordosis. *Eur Spine J*. 2006; 15 (4): 415-422.
19. Asai Y, Tsutsui S, Oka H, Yoshimura N, Hashizume H, Yamada H et al. Sagittal spino-pelvic alignment in adults: the Wakayama spine study. *PLoS One*. 2017; 12 (6): e0178697.
20. Legaye J. The femoro-sacral posterior angle: an anatomical sagittal pelvic parameter usable with dome-shaped sacrum. *Eur Spine J*. 2007; 16: 219-225.
21. Le Huec JC, Thompson W, Mohsinaly Y, Barrey C, Faundez A. Sagittal balance of the spine. *Eur Spine J*. 2019; 28 (9): 1889-1905. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00586-019-06083-1>
22. Klineberg E, Schwab F, Smith JS, Gupta MC, Lafage V, Bess S. Sagittal spinal pelvic alignment. *Neurosurg Clin N Am*. 2013; 24 (2): 157-162. Available in: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nec.2012.12.003>
23. Jean L. Influence of age and sagittal balance of the spine on the value of the pelvic incidence. 2014; 23 (7): 1394-1399.
24. Decker S, Müller CW, Omar M, Krettek C, Schwab F, Trobisch PD. Sagittal balance of the spine - clinical importance and radiographic assessment. *Z Orthop Unfall*. 2016; 154 (2): 128-133.
25. Jang J, Lee S, Min J. Influence of lumbar lordosis restoration on thoracic curve and sagittal position in lumbar degenerative kyphosis patients. 2009; 34 (3): 280-284.
26. Been E, Kalichman L. Lumbar lordosis. *Spine J*. 2014; 14 (1): 87-97. Available in: <http://dx.doi.org/10.1016/j.spinee.2013.07.464>
27. Bailey JF, Shefi S, Soudack M, Kramer PA, Been E. Development of pelvic incidence and lumbar lordosis in children and adolescents. *The Anatomical Record* Volume. 2019; 302 (12): 2132-2139.
28. Celestre PC, Dimar JR, Glassman SD. Spinopelvic Parameters: Lumbar Lordosis, Pelvic Incidence, Pelvic Tilt, and Sacral Slope: What Does a Spine Surgeon Need to Know to Plan a Lumbar Deformity Correction? *Neurosurg Clin N Am*. 2018; 29 (3): 323-329. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.nec.2018.03.003>
29. Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Dimnet J. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005; 30 (3): 346-353.
30. Roussouly P, Huec J Le. Compensatory mechanisms contributing to keep the sagittal balance of the spine. *Eur Spine J*. 2013; 22 Suppl 6 (Suppl 6): S834-841.
31. Tomé-bermejo F, Tsirikos AI. Conceptos actuales sobre la enfermedad de Scheuermann: presentación clínica, diagnóstico y controversias sobre su tratamiento. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2012; 56 (6):
32. Z AS, Carlos J, Prieto R, C JW, Leiter F, F SS et al. Espondiloartritis anquilosante: revisión de hallazgos imagenológicos en la columna. 2016; 22 (4):
33. Vialle R, Levassor N, Rillardon L, Templier A, Skalli W, Guigui P. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. *J Bone Joint Surg Am*. 2005; 87 (2): 260-267.
34. Berthonnaud E, Dimnet J, Roussouly P, Labelle H. Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters. *J Spinal Disord Tech*. 2005; 18 (1): 40-47.
35. Obeid I, Boissière L, Yilgor C, Larrieu D, Pellisé F, Alanay A et al. Global tilt: a single parameter incorporating spinal and pelvic sagittal parameters and least affected by patient positioning. *Eur Spine J*. 2016; 25 (11): 3644-3649.
36. Yilgor C, Sogunmez N, Boissiere L, Yavuz Y, Obeid I, Kleinstück F et al. Global alignment and proportion (GAP) score: development and validation of a new method of analyzing spinopelvic alignment to predict mechanical complications after adult spinal deformity surgery. *J Bone Joint Surg Am*. 2017; 99 (19): 1661-1672.