



BUAP

**Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los
Trabajadores del Estado**

**Dirección de Estudios de Posgrado del Área de la
Salud**

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Medicina

Título de la tesis

**Correlación de parámetros radiológicos lumbopelvicos con patología de
columna lumbar en el Hospital Regional ISSSTE Puebla.**

**Para obtener el diploma en la especialidad de “Traumatología y
Ortopedia”**

Presenta

Carlos Damián Tamayo Gómez

Asesor Experto: Dr. Ricardo Erik Robles Ortiz

Asesor Metodológico: M.D., Ph.D. José Luis Gálvez Romero

Número de registro: 328.2023




Puebla de Zaragoza a 12 de diciembre del 2024.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y mis abuelos, a mi familia, por estar siempre conmigo a lo largo de estos 10 años desde que inicié en la medicina.

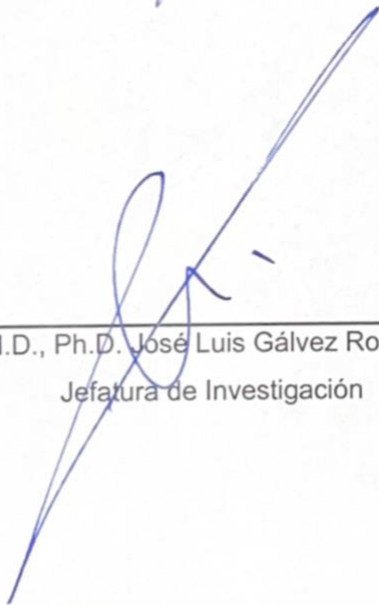
Autorización



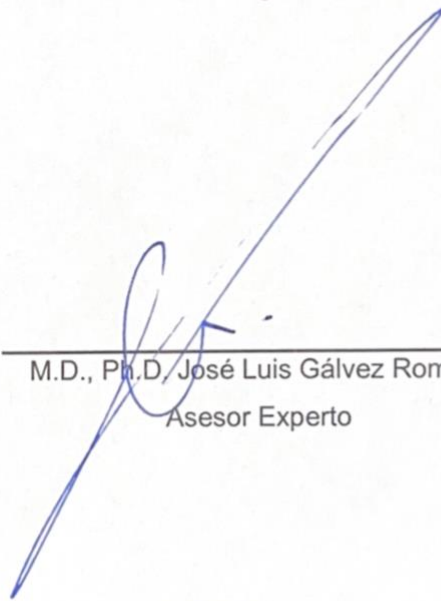
Dr. Carlos Efrén Ruiz Cancino
Director Médico



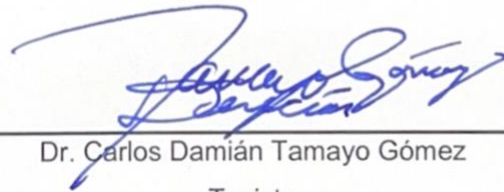
Mtro. Mario Alberto Sorcia Aguilar
Coordinación de Enseñanza e
Investigación



M.D., Ph.D. José Luis Gálvez Romero
Jefatura de Investigación



M.D., Ph.D. José Luis Gálvez Romero
Asesor Experto



Dr. Carlos Damián Tamayo Gómez
Tesisista

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN..... | 1 |
| INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| ANTECEDENTES | 3 |
| Planteamiento del Problema | 5 |
| Objetivos | 5 |
| Objetivo general..... | 5 |
| Objetivos específicos..... | 5 |
| Material y Métodos..... | 6 |
| Población de estudio..... | 6 |
| Criterios de inclusión..... | 6 |
| Criterios de exclusión. | 6 |
| Criterios de eliminación. | 6 |
| Tipo de muestreo. | 6 |
| Metodología para el cálculo del tamaño de la muestra y tamaño de la muestra..... | 6 |
| Descripción operacional de las variables. | 7 |
| Técnicas y procedimientos empleados..... | 9 |
| Procesamiento y análisis estadístico. | 9 |
| ASPECTOS ÉTICOS..... | 10 |
| RESULTADOS..... | 11 |
| DISCUSIÓN..... | 15 |
| CONCLUSIONES..... | 17 |
| Conclusiones específicas..... | 17 |
| Conclusión general | 17 |
| Recomendaciones..... | 18 |
| Bibliografía..... | 19 |
| Anexos | 22 |

RESUMEN

Antecedentes:

Los parámetros radiológicos lumbopélvicos pueden relacionarse con las manifestaciones clínicas de patología de columna lumbar; sin embargo, en nuestro país y en nuestro hospital desconocemos esta relación, principalmente las medidas radiográficas propias de esta población.

Objetivo:

Correlacionar los parámetros radiológicos lumbopélvicos con la patología de columna lumbar en el servicio de Cirugía de Columna del Hospital Regional ISSSTE Puebla.

Material y métodos:

Estudio observacional, descriptivo, transversal, retrospectivo y homodémico de utilidad diagnóstica.

Documentaremos la información a partir de la revisión del expediente clínico electrónico así como en el registro electrónico de imagen de nuestro Hospital. Realizaremos medición de la "incidencia pélvica", "inclinación sacra", "inclinación pélvica", y "lordosis lumbar"

Aunque es un estudio retrospectivo y no requiere consentimiento informado, cuidaremos en todo momento la integridad de los datos personales de los derechohabientes y los autores declaran no tener conflicto de interés.

Resultados

Se estudió una población de 80 pacientes con una edad media de 54.87 +/- 14.83 años con un IMC medio de 28.24 +/- 4.5 kg/cm² y antecedentes patológicos de radiculopatía en su mayoría. Para los parámetros lumbopélvicos se obtuvo una media de 56.44 +/- 13.18 Pelvic Incidence (PI), 17.04 +/- 9.22 Pelvic Tilt (PT), 39.17 +/- 11.48 Sacral Slope (SS) y 56.90 +/- 14.51 Lumbar Lordosis (LL). Tres pacientes tenían una vértebra lumbar extra y veintinueve una vértebra transicional, en su mayoría de la clasificación de CASTELLVI IB. Para el parámetro PT se encontró diferencia significativa en pacientes con radiculopatía (39.56 +/- 7.13); (13.88 +/- 12.11) p=0.44 y pacientes que no tenían vértebra lumbar supernumeraria (17.40 +/- 9.25); (7.74 +/- 3.30) p=0.16. Para el parámetro de SS se encontró diferencia significativa con pacientes con vértebra transversa ausente (41.17 +/- 12.52); (35.67 +/- 8.21) p= 0.21.

Conclusión

Los cambios en los parámetros espino pélvicos reflejan mecanismos compensatorios pélvicos que difieren en presencia o ausencia de radiculopatía, vértebras transicionales y vértebras lumbares super numerarias, son una adecuada herramienta para la toma de decisiones.

INTRODUCCIÓN

Con el pasar del tiempo, se ha demostrado que la lumbalgia es una de las patologías más frecuentes en el servicio de urgencias, tanto en México como en América latina, y así también es una de las principales causas de incapacidad en pacientes de edad laboral. En la bibliografía anglosajona y mexicana se han reportado múltiples causas de lumbalgia, así como factores condicionantes, tanto externos como internos de la misma. El dolor lumbar (DL) es uno de los síntomas más frecuentes entre las patologías musculoesqueléticas (Kim, J. H. et al 2019). El dolor lumbar es una de las principales causas de discapacidad social y física, el cual conlleva una enorme carga financiera debido al costo del tratamiento, la pérdida de mano de obra, e impacto en la calidad de vida (Manchikanti, L. et al 2015). La cinemática de la columna lumbar varía en diferentes niveles de la misma, ya que esta es un ente dinámico (Mitchell, K. et al 2017). Los estudios han demostrado que el nivel L4-L5 tiene mayor movilidad durante los movimientos de flexión que la mayoría de los segmentos craneales, y que el rango de flexión-extensión es mayor en el segmento L2-L3 en comparación con los segmentos más caudales (Li, G. et al 2009, Kozanek, M. 2009). Recordemos que la función principal de las articulaciones facetarias es estabilizar el movimiento del segmento responsable durante las actividades (Jaumard, N, V. 2011). Las articulaciones facetarias lumbares soportan aproximadamente el 18 % de la carga que se transfiere a la columna lumbar (Gellhorn, A. C. et al 2013). Las articulaciones facetarias lumbares tienen una rica inervación proporcionada por las ramas mediales de las ramas primarias dorsales y son susceptibles a la sensación de dolor (Perolat, R. et al 2018). Los cambios en los parámetros espinopélvicos sagitales se han asociado con la degeneración de la articulación facetaria, lo que modifica su estructura y su carga mecánica (Lv, X. et al 2016).

El propósito del presente estudio es correlacionar diversas mediciones radiológicas de la columna lumbar con la patología de ésta y su repercusión quirúrgica, estableciendo una orientación de cuántos grados corregir, quiénes presentan patologías asociadas que potencialmente influyan en la modificación de las mediciones, estableciendo un promedio, aportando los resultados de una población mexicana del estado de Puebla.

ANTECEDENTES

Antecedentes generales

Antes de la historia del hombre moderno, está implícito que los descubrimientos y observaciones de la deformidad espinal se registran y datan desde la antigüedad. El sabio maestro Hipócrates describió tanto los contornos normales de la columna, como las deformidades y sus causas de éstas, agrupando las alineaciones espinales anormales bajo el término general de escoliosis (Vasiliadis, E. S. et al 2009). El famoso Galeno de Pérgamo definió los términos cifosis, escoliosis y lordosis; su uso continúa tal como lo describió hasta el día de hoy (Vasiliadis, E. S. et al 2009). En 1935, Bohler (Bohler, L. 1935) describió mecanismos compensatorios, incluida la retroversión pélvica, ésta para mantener una postura erguida en pacientes con cifosis postraumática. A partir de la década de 1970, las investigaciones de múltiples cirujanos franceses condujeron a un renovado interés en el equilibrio espinal y su importancia anatómico funcional (Stagnara, P. et al 1978, Duval-Beaupere, G. et al 1992).

Como parte fundamental en nuestro estudio y en la columna, la lordosis lumbar (LL) se define como la medida del ángulo de Cobb sagital desde la placa terminal superior de L1 hasta la placa terminal del sacro. Existe una variabilidad significativa en lo que se considera LL normal, y es más útil pensar en la LL como específica del paciente en lugar de basada en la población. Específicamente, en la columna vertebral bien alineada, la LL coincidirá con la incidencia pélvica (IP) aproximadamente de 11°. Sin embargo, por regla general esta se encuentra entre 20° y 70° de LL, considerándola normal al alcanzar la madurez. Se han informado diferentes patrones de lordosis clasificándolas para su entendimiento (Roussouly, P. et al 2010). La LL ideal de cada paciente se define por su incidencia pélvica, y una sólida comprensión de la relación entre IP y LL es esencial en el tratamiento de pacientes con deformidad de la columna en adultos. La cantidad de lordosis segmentaria también varía según el nivel, siendo L4-5 y L5-S1 las que contribuyen a la mayor parte de la lordosis espinal lumbar total. Los cambios espondilóticos, dentro de estos incluida la pérdida de la altura del disco debido a la degeneración discal normal, generalmente conducen a una disminución de la lordosis en pacientes mayores. La LL también puede verse afectada negativamente por las fracturas vertebrales por compresión, sean agudas o no recientes. Una de las razones más comunes del desajuste sintomático de IP-LL en la práctica contemporánea es la deformidad iatrogénica de la espalda plana, debido a fusiones espinales que no se planifican ni realizan meticulosamente, esto enfocado a la toma de medidas pre y transquirúrgicas, lo que se traduce en que técnicamente realizamos correcciones de manera artesanal, de acuerdo con lo que necesite el segmento y lo que el cirujano de columna considere en ese momento. Esta deformidad comúnmente resulta en una columna lumbar hipolordótica y, cuando presenta síntomas, puede requerir cirugía correctiva la cual busca reestablecer una angulación nativa que armonice todo el constructo. La LL es el parámetro sagital que se puede cambiar más fácilmente con la cirugía, la cuál es una de las razones por las que se intervienen los pacientes, y así reducir el desajuste IP-LL de un paciente a menos de 11°, a menudo es un objetivo principal de la cirugía de columna, es decir en la escoliosis degenerativa en adultos (Schwab, F. 2010). La LL es un valor dinámico (no es absoluto de manera permanente); la posición de los pacientes, en decúbito supino versus erecto, puede cambiar drásticamente esta medida. Al planificar la corrección de una deformidad, el cirujano de columna debe evaluar al paciente como un todo, desde el momento en que entra al consultorio, la bipedestación, la flexión-extensión lateral, las radiografías en decúbito supino y las radiografías dinámicas de los pacientes; de las cuales se busca medir la LL junto con una mielografía por tomografía computarizada (TC) o una resonancia magnética simple de columna. La alineación espinopélvica ha sido reconocida como un factor importante en la planificación de cirugías lumbares a nivel mundial (Celestre, P. C. et al 2018). Asociada con dolor lumbar ya sea

pre o postquirúrgico, ocasionado por el proceso de degeneración del disco adyacente después de una cirugía de fijación, secundario a un aumento de carga mecánica en el nivel inmediato al intervenido. (Tonosu, J. et al 2019).

Antecedentes específicos

A lo largo de la historia humana, en esta parte tan importante, la lumbalgia y la patología de columna ha tenido un impacto significativo en todas las eras del hombre, sin embargo, hasta el Siglo XXI fue que realmente se han estudiado y escenificado con los estudios de imagen que nos han sido realmente útiles. Los consensos internacionales sobre patología de columna lumbar y sus medidas radiográficas son dependientes de las regiones y países que se han dedicado al estudio de la misma, en México, específicamente en Puebla no contamos con registros de los mismos, por lo que no se ha cuantificado ni estadificado una casuística en la región. La morfología de la columna sagital varía de un individuo a otro y es específica de cada persona, de la cual debemos considerar su entorno, antecedentes, así como su presente, para establecer el resultado de la misma (Legaye, J. et al 1998).

Las posturas estáticas prolongadas, como estar de pie durante el trabajo y las actividades diarias, se han asociado con DL, por ejemplo, en el caso de soldados, guardias de seguridad, cajeros de supermercados, entre otros (Gallagher, K. M. et al 2015, Picavet, H. S. et al 2000). Algunas personas pueden ser identificadas como desarrolladoras de DL que no han tenido dolor lumbar crónico previo pero que desarrollan dolor al encontrarse expuestos a períodos prolongados manteniéndose de pie (Picavet, H. S. et al 2000). El dolor transitorio al estar en bipedestación se ha considerado una condición preclínica asociada con el dolor lumbar futuro, podríamos considerar el tono muscular, fuerza y estabilidad intrínseca de los mismos. Se ha informado que el aumento de la LL en la posición de bipedestación prolongada es un posible factor de riesgo para el dolor lumbar (Sorensen, C. J. et al 2015). Sin embargo, el ángulo máximo de extensión no difirió entre los que desarrollaron dolor y los que no desarrollaron dolor. Además, sobre estos estudios, aquellos individuos que desarrollan dolor se mantienen erguidos con más extensión torácica durante la bipedestación prolongada (Gallagher, K. M. et al 2014). Los cambios en los parámetros lumbares y espinopélvicos en varias posturas diarias deben investigarse para desarrollar enfoques efectivos, con el fin de prevenir el estado de desarrollar dolor lumbar (considerando siempre el contexto del paciente a intervenir). Este estudio tuvo como objetivo examinar las diferencias de los parámetros sagitales, lumbosacros y espinopélvicos, entre los que desarrollan dolor lumbar inducido por bipedestación prolongada y los que no desarrollan dolor lumbar, utilizando radiografías comparando los cambios en los parámetros lumbosacros y espinopélvicos en varias posturas, tanto sentadas como de pie, entre los que desarrollan dolor lumbar inducido por la bipedestación y los que no desarrollan dolor lumbar posterior (Misir, A. et al 2019).

Las radiografías en bipedestación suelen utilizarse en la evaluación del dolor lumbar. Los parámetros de alineación espinal y espinopélvica en la postura de pie pueden no abordar con precisión los cambios de alineación mecánica, porque los cambios en las posturas de la columna, la pelvis y las extremidades se afectan entre sí, de acuerdo a la posición que el paciente realice (Balague, F. et al 1999, Aoki, Y. et al 2012).

Los parámetros pélvicos por trabajar son los siguientes, la incidencia pélvica, que es el ángulo entre la línea perpendicular a la placa sacra en su punto medio y la línea que conecta este punto con el eje medio de las cabezas femorales. La pendiente sacra, es el ángulo entre la placa superior de S1 y una línea horizontal. La inclinación pélvica, es el ángulo entre la línea que conecta el punto medio de la placa sacra con el eje de las cabezas femorales y la vertical. (Legaye, J. et al 1998). Estas son parte de las definiciones de nuestras medidas de trabajo.

Planteamiento del Problema

Dentro del campo de los trastornos de la columna, la deformidad de la columna del adulto sigue siendo uno de los temas más controvertidos. Este padecimiento presenta un importante problema de atención médica debido a su creciente incidencia en una población occidental que envejece, aunado a los problemas relacionados en la calidad de vida de los pacientes. Algunos informes han señalado que la prevalencia de deformidad de la columna vertebral llega al 60% en la población de mayor edad, sin contar los casos nuevos que salen todos los años.

De tal manera que por medio de este estudio se tratará de demostrar la correlación radiográfica y clínica de la patología de columna en pacientes atendidos en el servicio de Cirugía de Columna Vertebral del Hospital Regional ISSSTE Puebla, y como utilizar estas medidas para futuros estudios en la epidemiología, así como toma de decisiones para la intervención de nuestros pacientes.

Por lo cual nace la pregunta de investigación: “¿Cuál es la correlación de parámetros radiológicos lumbopélvicos con patología de columna lumbar en el Hospital Regional ISSSTE Puebla?.”

Objetivos

Objetivo general

Correlacionar los valores radiológicos lumbométricos con la patología anatómica y clínica de la columna lumbosacra.

Objetivos específicos

- Correlacionar la incidencia de la pelvis con la patología anatómica y clínica de la columna lumbosacra.
- Correlacionar la inclinación pélvica con la patología anatómica y clínica de la columna lumbosacra.
- Correlacionar la inclinación sacra con la patología anatómica y clínica de la columna lumbosacra.
- Correlacionar la lordosis lumbar con la patología anatómica y clínica de la columna lumbosacra.

Material y Métodos

Objetivo: Descriptivo de utilidad diagnóstica.
Intervención del investigador: Observacional.
Temporalidad: Transversal.
Direccionalidad: Retrospectivo.
Conformación de grupos: Homodémico.

Población de estudio

Derechohabientes del Instituto de Seguridad Social al Servicio de los Trabajadores del Estado entre 20 a 90 años.

Criterios de inclusión

- Pacientes de entre 20 y 90 años que han recibido atención en el módulo de Cirugía de Columna del Hospital Regional ISSSTE Puebla del 2022 al 2023 que hayan presentado un dolor importante en zona lumbar.
Pacientes masculinos y femeninos con lumbalgia incapacitante, que acuden al servicio de urgencias y módulo de Cirugía de Columna, por grupo de edad, en su mayoría diabéticos e hipertensos, que requieren cirugía de instrumentación lumbar transpedicular.
- Paciente de 20 a 90 años.
- Sin distinción de ocupación.

Criterios de exclusión.

- Pacientes con instrumentación previa.
- Pacientes con fracturas de columna vertebral.

Criterios de eliminación.

- Pacientes con expediente clínico incompleto.

Tipo de muestreo.

Muestreo probabilístico aleatorio simple.

Metodología para el cálculo del tamaño de la muestra y tamaño de la muestra

De acuerdo con Legaye (1998), si la verdadera correlación (r), de la "incidencia de la pelvis" con la patología lumbosacra es del 0.9, para descartar una hipótesis nula de no diferencia con una probabilidad de error tipo I del 5% y una potencia del 80%, entonces necesitamos estudiar a 154 ± 15 radiografías.

Para el cálculo de esta muestra empleamos la siguiente fórmula:

$$n = 3 + K/C^2$$

$$K = (Z \text{ alfa} + Z \text{ beta})^2$$

$$C = 0.5 \ln(1+r/1-r)$$

Legaye, J., Duval-Beaupere, G., Hecquet, J., & Marty, C. (1998). Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *European Spine Journal*, 7, 99-103.

Descripción operacional de las variables.

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Clasificación metodológica | Escala de Medición | Valor | Instrumento de medición |
|---------------------------------|---|--|----------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|
| Sexo | Característica fenotípica que define a una persona como hombre o mujer | Característica fenotípica que define a una persona como hombre o mujer | Independiente | Nominal dicotómica | 0= hombre 1= mujer | Expediente clínico |
| Edad | Tiempo cronológico de vida | Tiempo de vida en años | Independiente | Númerica continua | años | Expediente clínico |
| Diabetes Mellitus | Enfermedad metabólica caracterizada por poliuria, polidipsia y polifagia | Antecedente de padecer Diabetes mellitus | Independiente | Nominal dicotómica | 0= sin DM 1= con DM | Expediente clínico |
| Hipertensión arterial sistémica | Enfermedad metabólica caracterizada por cifras tensionales elevadas | Antecedente de padecer Hipertensión arterial sistémica | Independiente | Nominal dicotómica | 0= sin HAS 1= con HAS | Expediente clínico |
| Incidencia pélvica | Ángulo entre la línea perpendicular a la placa sacra en su punto medio y la línea que | Medición en radiografías a su ingreso | Independiente | Nominal numérica | Grados (ángulo) | Expediente radiográfico |

| | | | | | | |
|---------------------|--|---|---------------|---------------------|-----------------|-------------------------|
| | conecta este punto con el eje de las cabezas femorales. | | | | | |
| Pendiente sacra | Ángulo entre la placa superior de S1 y una línea horizontal. | Medición en radiografías a su ingreso | Independiente | Nominal numérica | Grados (ángulo) | Expediente radiográfico |
| Inclinación pélvica | Ángulo entre la línea que conecta el punto medio de la placa sacra con el eje de la cabeza femoral y la vertical | Medición en radiografías a su ingreso | Independiente | Nominal numérica | Grados (ángulo) | Expediente radiográfico |
| Lordosis lumbar | Medida del ángulo sagital de Cobb desde la placa terminal superior de L1 hasta la placa terminal sacra | Medición en radiografías a su ingreso | Independiente | Nominal numérica | Grados (ángulo) | Expediente radiográfico |
| Anatómicas | Variantes anatómicas respecto a cuerpo vertebral y apófisis transversas | Valoración de radiografías a su ingreso | Independiente | Nominal cualitativa | Número | Expediente radiográfico |

| | | | | | | |
|----------|--|---|-------------|---------------------|-------------------|----------------------------|
| Clínicas | Signos y síntomas clínicos presentes en los pacientes, que los motivaron a la consulta de valoración por primera vez | Exploración clínica de patología lumbar | Dependiente | Nominal cualitativa | Signos y síntomas | Expediente clínico digital |
|----------|--|---|-------------|---------------------|-------------------|----------------------------|

Técnicas y procedimientos empleados

Se recolectó información de los estudios preliminares realizados a los pacientes, se les realizaron radiografías anteroposteriores y laterales de la columna lumbosacra. Cada radiografía inicial se analizó utilizando un software exclusivo y validado (INSTITUCIONAL Synapse). Los parámetros radiográficos, parámetros lumbopélvicos (incidencia pélvica, inclinación pélvica y sacra), eje vertical sagital y lordosis lumbar. Ya habiendo recolectado la información sobre los parámetros lumbopélvicos se compararon los resultados con o sin radiculopatía, así como el número de vértebras, estructura o alteración donde se determinó si los pacientes presentaban dolor según sus condiciones y de esa manera definimos la correlación.

Procesamiento y análisis estadístico.

Utilización de PACS a través de plataforma digital de radiografías institucionales.

Los datos fueron procesados en programa Excel, las variables cualitativas serán expresadas en frecuencias y porcentajes, las variables numéricas serán expresadas en medias de tendencia central y dispersión de datos.

Para la correlación empleamos r de Pearson, Rho de Spearman, según corresponda la distribución de la variable, y consideraremos como significativo un valor de $p < 0.05$.

ASPECTOS ÉTICOS.

Este proyecto se realizó bajo los principios éticos en materia de investigación.

Código de Nuremberg, Declaración de Helsinki y CIOMS (Internacional Ethical Guidelines for Biomedical Research) y la Ley General de Salud Mexicana en materia de investigación.

Se vigiló en todo momento los siguientes principios:

Autonomía: todo participante decidió libremente su participación al momento de realizarse la consulta de datos.

Beneficiencia y no maleficencia: siempre se buscó que en las intervenciones se obtenga el mayor beneficio con el menor riesgo posible.

Justicia: todo participante tuvo la misma oportunidad de participar con los beneficios y riesgos equilibrados.

Protección de sus datos personales: la información personal recabada de cada participante solo fue relacionada para los fines de investigación y los investigadores involucrados serán los únicos con acceso a la misma.

RESULTADOS

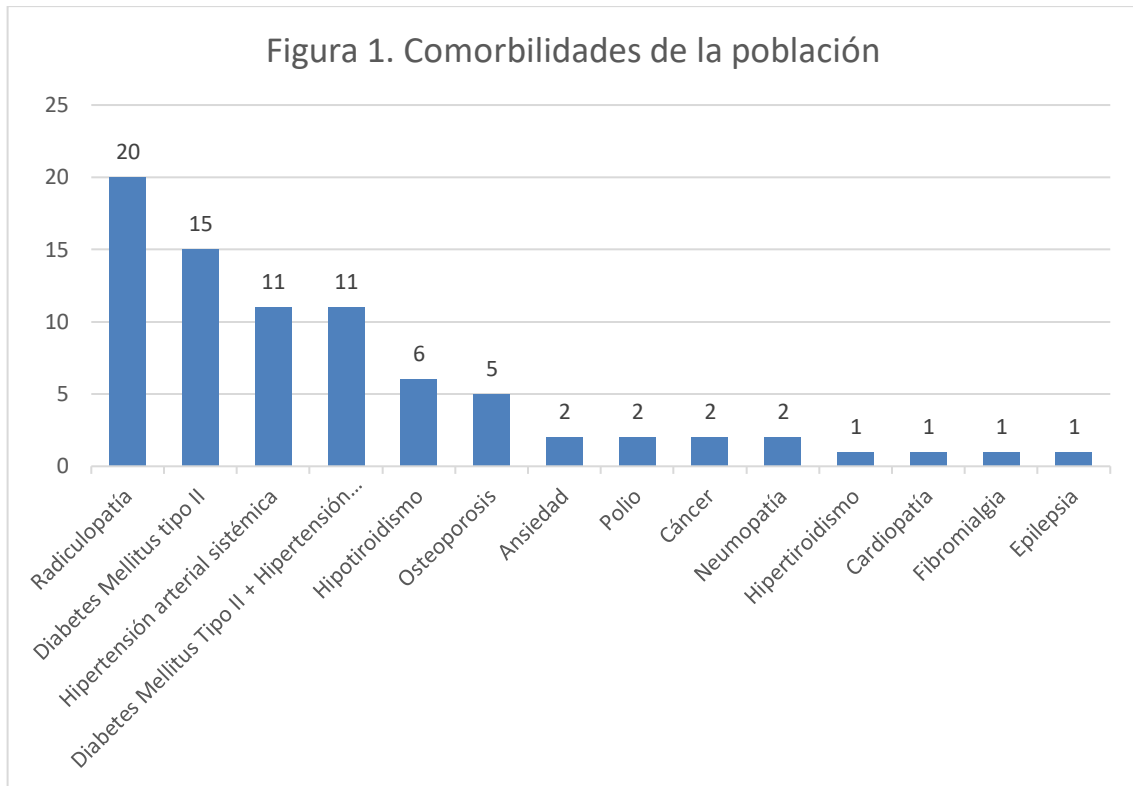
Características de la población

Durante el periodo de enero del 2022 a enero del 2023 se estudiaron 80 pacientes con dolor lumbar del Hospital Regional de Puebla. La población se conformó por una predominancia femenina sobre la masculina a una razón de 1:0.48 (Figura 1), la edad media de la población fue de 54.87 +/- 14.83 años. La muestra de pacientes con dolor lumbar del módulo de cirugía de columna mostró con un IMC medio de 28.24 +/- 4.5 kg/cm². (Tabla 1)

Tabla 1. Estadística descriptiva de pacientes con dolor lumbar del módulo de cirugía de columna

| | N | Media | Mediana | Moda | Desviación estándar | Varianza | Rango | Coefficiente de variación | Intervalo de confianza (95%) |
|------|----|-------|---------|-------|---------------------|----------|-------------|---------------------------|------------------------------|
| Edad | 80 | 54.71 | 58 | 30 | 15.17 | 230.41 | 17-83 | 27.72 | 51.33-58.09 |
| IMC | 80 | 28.19 | 28 | 18.73 | 4.57 | 20.88 | 18.73-43.37 | 16.32 | 27.18-29.21 |

Entre los antecedentes personales patológicos de la población la comorbilidad mayormente presentada fue la radiculopatía con 20 (75%) pacientes seguida por la diabetes mellitus tipo II con 15 (18.8%) pacientes. (Figura 1)



Hallazgos radiológicos

En la evaluación radiológica encontraron 29 (36.3%) casos de vértebra transicional, en su mayoría clase IB en la escala de CASTELLVI con 24 (30%) pacientes (Tabla 2). A demás se encontraron 3 (3.8%) casos con una vértebra lumbar extra.

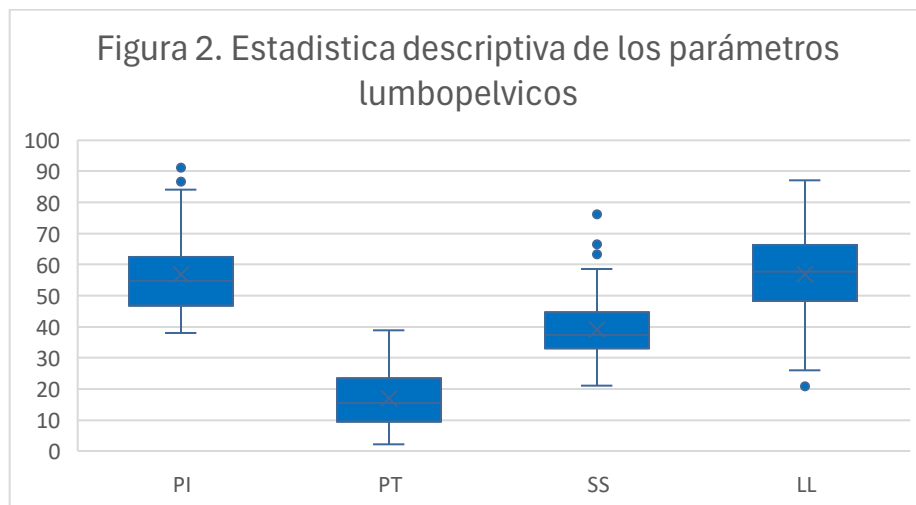
Tabla 2. Ubicación de los pacientes con dolor lumbar del módulo de cirugía de columna en la escala de CASTELLVI

| VARIABLE | N | % |
|----------------|----|-------|
| Ausente | 19 | 23.8% |
| IA | 11 | 13.8% |
| IB | 24 | 30% |
| IIA | 9 | 11.3% |
| IIB | 9 | 11.3% |
| IIIA | 5 | 6.3% |
| IIIB | 2 | 2.5% |
| IV | 1 | 1.3% |
| Total | 80 | 100% |

Para los parámetros lumbopélvicos se obtuvo una media de 56.44 +/- 13.18 Pelvic Incidence (PI), 17.04 +/- 9.22 Pelvic Tilt (PT), 39.17 +/- 11.48 Sacral Slope (SS) y 56.90 +/- 14.51 Lumbar Lordosis (LL). (Tabla 3) (Figura 2)

Tabla 3. Estadística descriptiva de los parámetros lumbopélvicos Pelvic Incidence (PI), Pelvic Tilt (PT), Sacral Slope (SS) y Lumbar Lordosis (LL) de los pacientes con dolor lumbar del módulo de cirugía de columna.

| | N | Media | Mediana | Moda | Desviación estándar | Varianza | Rango | Coficiente de variación | Intervalo de confianza (95%) |
|----|-----|-------|---------|-------|---------------------|----------|-------------|-------------------------|------------------------------|
| PI | 80 | 56.44 | 53 | 46.90 | 13.18 | 173.82 | 38-91.30 | 23.35 | 53.50-59.37 |
| PT | 080 | 17.04 | 15.45 | 14.30 | 9.27 | 86.07 | 2.15-38.8 | 60 | 14.98-19.11 |
| SS | 80 | 39.17 | 37.37 | 27.80 | 11.48 | 131.90 | 21-77 | 29.30 | 36.62-41.73 |
| LL | 80 | 56.90 | 57.7 | 32.10 | 14.51 | 210.14 | 20.90-87.10 | 25.50 | 53.67-60.13 |



Parámetros lumbopélvicos y patología lumbar.

En las evaluaciones radiológicas de pacientes con dolor lumbar en el módulo de cirugía de columna se mostró una diferencia estadísticamente significativa en la medición del PT en los pacientes que presentaban radiculopatía (18.09 +/- 9.71) sobre quienes no la presentaban (13.88 +/- 7.13) $p=0.044$. (Tabla 4)

Tabla 4. Comparación de medias ejecutivas para valores lumbopélvicos y radiculopatía en pacientes con dolor lumbar del módulo de cirugía de columna del Hospital Regional ISSSTE Puebla.

| VARIABLE | RADICULOPATIA | N | Media | DE | p^* | IC95% de la diferencia | Poder (1-b) |
|----------|---------------|----|---------|-------|--------|------------------------|-------------|
| PI | PRESENTE | 60 | 57.6628 | 14.09 | 0.83 | -1.84 11.61 | 24.37 |
| | AUSENTE | 20 | 52.7765 | 9.30 | | | |
| PT | PRESENTE | 60 | 18.0988 | 9.71 | 0.044* | 0.11 8.22 | 78.90 |
| | AUSENTE | 20 | 13.8890 | 7.13 | | | |
| SS | PRESENTE | 60 | 39.5640 | 12.11 | 0.563 | -3.79 6.88 | 46.72 |
| | AUSENTE | 20 | 38.0225 | 9.53 | | | |
| LL | PRESENTE | 60 | 58.4508 | 14.45 | 0.100 | -1.25 13.61 | 11.23 |
| | AUSENTE | 20 | 52.2705 | 14.05 | | | |

DE, desviación estándar; *t-Student variables independientes; IC95% Intervalo de confianza 95%; PI, Pelvic Incidence; PT, Pelvic Tilt; SS, Sacral Slope; LL, Lumbar Lordosis

De la misma manera se observó una diferencia significativa de las medias en los pacientes con dolor lumbar tratados en el módulo de cirugía de columna con 5 vértebras lumbares (17.40 +/- 9.25) sobre los pacientes con 1 vértebra lumbar extra (7.74 +/- 3.30) p=0.16. (Tabla 5).

Tabla 5. Comparación de medias ejecutivas para valores lumbopélvicos y número de vértebras lumbares en pacientes con dolor lumbar del módulo de cirugía de columna

| VARIABLE | VERTEBRAS LUMBARES | N | Media | D | P | IC95% de la diferencia | Poder (1-b) |
|----------|--------------------|----|---------|----------|--------|------------------------|-------------|
| PI | 5 VERTEBRAS | 77 | 56.7647 | 13.22343 | 0.295 | -16.01 33.26 | 45.03 |
| | 6 VERTEBRAS | 3 | 48.1400 | 10.68046 | | | |
| PT | 5 VERTEBRAS | 77 | 17.4087 | 9.25411 | 0.016* | 3.16 16.15 | 75.24 |
| | 6 VERTEBRAS | 3 | 7.7467 | 3.30276 | | | |
| SS | 5 VERTEBRAS | 77 | 39.1313 | 11.64460 | 0.853 | -17.78 15.26 | 28.92 |
| | 6 VERTEBRAS | 3 | 40.3933 | 7.42542 | | | |
| LL | 5 VERTEBRAS | 77 | 56.4488 | 14.60658 | 0.801 | -16.13 -8.13 | 26.13 |
| | 6 VERTEBRAS | 3 | 68.6333 | 1.66533 | | | |

DE, desviación estándar; *t-Student variables independientes; IC95% Intervalo de confianza 95%; PI, Pelvic Incidence; PT, Pelvic Tilt; SS, Sacral Slope; LL, Lumbar Lordosis

Para la medición de SS en pacientes con dolor lumbar del módulo de cirugía de columna se mostró una diferencia estadísticamente significativa siendo mayor en pacientes con vértebra transversa ausente (41.17 +/- 12.52) sobre en quienes estaba presente (35.67 +/- 8.21) p= 0.21. (Tabla 6).

Tabla 6. Comparación de medias ejecutivas para valores lumbopélvicos y presencia de vértebra transicional en pacientes con dolor lumbar en el módulo de cirugía de columna

| VARIABLE | VERTEBRA TRANSICIONAL | N | Media | DE | P | IC95% de la diferencia | Poder (1-b) |
|----------|-----------------------|----|---------|----------|------|------------------------|-------------|
| PI | PRESENTE | 29 | 55.0717 | 11.01876 | 0.45 | -7.85 3.56 | 33.65 |
| | AUSENTE | 51 | 57.2200 | 14.31595 | | | |

| | | | | | | | |
|----|----------|----|---------|----------|--------|--------------|-------|
| PT | PRESENTE | 29 | 19.4200 | 9.86917 | 0.97 | -0.69 8.14 | 13.02 |
| | AUSENTE | 51 | 15.6967 | 8.73658 | | | |
| SS | PRESENTE | 29 | 35.6759 | 8.21236 | 0.021* | -10.14 -0.84 | 71.2. |
| | AUSENTE | 51 | 41.1704 | 12.62829 | | | |
| LL | PRESENTE | 29 | 53.9828 | 13.38008 | 0.164 | -11.08 1.91 | 52.43 |
| | AUSENTE | 51 | 58.5678 | 14.99840 | | | |

DE, desviación estándar; *t-Student variables independientes; IC95% Intervalo de confianza 95%; PI, Pelvic Incidence: PT, Pelvic Tilt: SS, Sacral Slope: LL, Lumbar Lordosis

No se encontraron relaciones para las medidas de PI y LL con las patologías lumbares evaluadas.

Correlación entre parámetros lumbopélvicos.

Se realizó un análisis de correlación de Spearman para examinar la correlación entre los valores de los parámetros lumbopélvicos. Se encontró una correlación positiva moderada estadísticamente significativa entre LL y PI ($Rho\ 0.4$, $p= 0.001$) además de una correlación positiva moderada estadísticamente significativa entre la PT y LL ($Rho\ 0.6$, $p= 0.001$). (Tabla 7).

Tabla 7. Correlación de parámetros espinopélvicos con lordosis lumbar

| Lordosis lumbar | |
|--|------------|
| (Rho; *p) | |
| Incidencia pélvica (Pelvic Incidence) | 0.4; 0.001 |
| PI | |
| Inclinación pélvica (Pelvic Tilt) | 0.6; 0.001 |
| PT | |

Rho coeficiente de correlación de Spearman

* $p < 0.05$

DISCUSIÓN

La patología lumbar se presenta con un dolor discapacitante que repercute en la calidad de vida de los pacientes e incluso en su estado de ánimo, se estima que hasta el 7.3% de la población mundial o 10% de la población de América sufren de obsesión por el dolor lumbar con limitación de la función (Saper et al., 2017) por lo que se busca, la evaluación médica sea precisa con una valoración integral, esto con la finalidad de atender de manera oportuna a los pacientes.

En nuestro estudio encontramos una relación entre los cambios de los parámetros lumbopélvicos de PT para pacientes con radiculopatía y una vértebra lumbar extra y cambios en SS para pacientes con la presencia de una vértebra transicional relacionando que las alteraciones en la morfología y arquitectura de la región lumbar generan cambios en los parámetros lumbopélvicos como mecanismos compensatorios, hasta que el constructo falle e inicia la problemática quirúrgica. Trabajos como el de (Gadkari et al., 2022) donde concluye que los cambios en la incidencia pélvica causados en relación con la gravedad de la espondilolistesis lumbar generan cambios en los parámetros lumbopélvicos de manera proporcional como mecanismo compensatorio. (Mu et al., 2021) determinó que el aumento de la clasificación en los cambios de Modic se correlaciona con el aumento de los parámetros lumbopélvicos, esto obtenido de la observación de los estudios de imagen, propio y exclusivamente de la resonancia magnética simple de columna.

La herramienta diagnóstica utilizada en la realización de este trabajo fue la radiografía lateral de columna lumbar por la accesibilidad de realización y por ser parte del protocolo de atención de lumbalgia, además que (Xu et al., 2020) en su estudio comprobó la diferencia en la obtención de los parámetros lumbopélvicos entre la resonancia magnética y la radiografía, siendo esta última mejor para su medición ya que la resonancia magnética subestima los valores, con una mejor accesibilidad. Entendiendo que para observar el caso de los cambios de Modic es necesario la resonancia magnética, sin embargo, por cuestiones asistenciales y administrativas este parámetro no fue evaluado.

Los datos paramétricos lumbopélvicos obtenidos en este trabajo también pueden ser considerados como referencia para una población del centro de México, específicamente del estado de Puebla, que se encuentra entre rangos de 20 y 90 años con patología lumbar, ya que existen referencia para población joven argentina asintomática (Guiroy et al., 2018) y en población japonesa (Aoki et al., 2021), pero no hay antecedentes de algún registro como el nuestro en la región.

Entre las limitaciones de este estudio consideramos el tamaño de la muestra pudiendo ampliarla para abarcar una mayor población y disminuir el error estándar de la media. A su vez consideramos también la necesidad de otras patologías lumbares y procedimientos quirúrgicos a tomarse en cuenta, el número de vértebras, el nivel a intervenir y la recuperación con su respectiva medición radiográfica, para asociar los datos de los pacientes.

CONCLUSIONES

Conclusiones específicas

- Los cambios en los parámetros espinopélvicos reflejan mecanismos compensatorios pélvicos que difieren en presencia o ausencia de radiculopatía, vértebras transicionales y vértebras lumbares super numerarias.
- En una población mexicana del centro de México (Puebla), el dolor lumbar se encuentra principalmente en adultos jóvenes con un IMC en rango de sobrepeso.
- En pacientes con dolor lumbar del módulo de cirugía de columna del Hospital Regional ISSTE de Puebla, la presencia de radiculopatía como comorbilidad, genera una diferencia significativa en el parámetro lumbopélvico denominado Pelvic Tilt.
- En pacientes con dolor lumbar del módulo de cirugía de columna del Hospital Regional ISSTE de Puebla, la ausencia de vértebras lumbares supernumerarias genera una diferencia significativa en el parámetro lumbopélvico denominado Pelvic Tilt.
- En pacientes con dolor lumbar del módulo de cirugía de columna del Hospital Regional ISSTE de Puebla, la presencia de vértebras transicionales como comorbilidad genera una diferencia significativa en el parámetro lumbopélvico de Sacral Slope.

Conclusión general

La patología anatómica y clínica de la columna tiene una correlación con las variaciones en los parámetros lumbopélvicos medidos por radiografía. Tanto la incidencia e inclinación pélvica se correlacionan con la lordosis lumbar.

Recomendaciones

Por lo anterior como área de oportunidad estamos conscientes que la medición pre y postquirúrgica de estas variables, nos ayudan a mejorar el proceso de toma de decisiones, así también es necesario individualizar a los pacientes. En futuro tendremos un medidor que podremos utilizar en el transquirúrgico para poder alinear de acuerdo con los requerimientos, previamente establecidos en estudios como el nuestro, donde se busca armonizar la condición angular lumbopélvica de los pacientes a intervenir.

Bibliografía

- Aoki, Y., Inoue, M., Takahashi, H., Kubota, G., Watanabe, A., Nakajima, T., Sato, Y., Nakajima, A., Saito, J., Eguchi, Y., Orita, S., Fukuchi, H., Sakai, T., Ochi, S., Yanagawa, N., Nakagawa, K., & Ohtori, S. (2021). Computed Tomographic Assessment of Age- and Gender-Specific Sagittal Lumbopelvic Alignment in a Japanese Population. *Spine Surgery and Related Research*, 5(4), 278–283. <https://doi.org/10.22603/SSRR.2020-0189>
- Aoki, Y., Sugiura, S., Nakagawa, K., Nakajima, A., Takahashi, H., Ohtori, S., Takahashi, K., et al. (2012). Evaluation of nonspecific low back pain using a new detailed visual analogue scale for patients in motion, standing, and sitting: characterizing nonspecific low back pain in elderly patients. *Pain Res Treat*, 680496.
- Balagué, F., Troussier, B., Salminen, J.J. (1999). Non-specific low back pain in children and adolescents: risk factors. *Eur Spine J*, 8(6):429–438
- Bohler, L. (1935). *The treatment of fractures*. Translated from German by Hey Groves EW.
- Celestre, P.C., Dimar, J.R., & Glassman, S.D. (2018). 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*, 29(3):323-329.
- Deyo, R.A., Weinstein, J.N. (2001). Low back pain. *N Engl J Med*, 344:363–370
- Duval-Beaupère, G., Schmidt, C., & Cosson, P. (1992). A barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position. *Ann Biomed Eng*, 20(4):451–62
- Gadkari, A., Ghodke, A., & Jha, A. (2022). Correlation of pelvic incidence and pelvic parameters in lumbar spondylolisthesis. *Surgical Neurology International*, 13, 405. https://doi.org/10.25259/SNI_545_2022
- Gallagher, K.M., & Callaghan, J.P. (2015). Early static standing is associated with prolonged standing induced low back pain. *Hum Mov Sci*, 44:111–121.
- Gallagher, K.M., Campbell, T., Callaghan, J.P. (2014). The influence of a seated break on prolonged standing induced low back pain development. *Ergonomics*, 57(4):555–562.
- Gellhorn, A.C., Katz, J.N., & Suri, P. (2013). Osteoarthritis of the spine: the facet joints. *Nat Rev Rheumatol*, 9(4): 216-224. doi: 10.1038/nrrheum.2012.199
- Glassman, S.D., Berven, S., Bridwell, K. (2005). Correlation of radiographic parameters and clinical symptoms in adult scoliosis. *Spine*, 30(6):682–8. 9.
- Guiroy, A., Gagliardi, M., Sícoli, A., Masanés, N. G., Ciancio, A. M., Jalón, P., & Mezzadri, J. J. (2018). Parámetros sagitales espino-pélvicos en una población asintomática Argentina. *Surgical Neurology International*, 9(Suppl 1), S36. https://doi.org/10.4103/SNI.SNI_365_17
- Hasegawa, K., Okamoto, M., Hatsushikano, S., Shimoda, H., Ono, M., Watanabe, K. (2016). Normative values of spino-pelvic sagittal alignment, balance, age, and health-related quality of life in a cohort of healthy adult subjects. *Eur Spine J*, 25:3675–3686.
- Jackson, R.P., Hales, C. (2000). Congruent spinopelvic alignment on standing lateral radiographs of adult volunteers. *Spine*, 25(21):2808–15.
- Jaumard, N.V., & Welch, W.C., Winkelstein, B.A. (2011). Spinal facet joint biomechanics and mechanotransduction in normal, injury and degenerative conditions. *J Biomech Eng*, 133(7):071010. doi: 10.1115/1.4004493.
- Kim, J. H., Sharan, A., Cho, W., Emam, M., Hagen, M., & Kim, S. Y. (2019). The Prevalence of Asymptomatic Cervical and Lumbar Facet Arthropathy: A Computed Tomography Study. *Asian spine journal*, 13(3), 417–422. <https://doi.org/10.31616/asj.2018.0235>
- Kozanek, M., Wang, S., Passias, P.G., Xia, Q., Li, G., & Bono, C.M., et al. (2009). Range of motion and orientation of the lumbar facet joints in vivo. *Spine*, 34(19): E689-696. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181ab4456.

- Lafage, V., Schwab, F., Patel, A. (2009). Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity. *Spine*, 34(17):E599–606.
- Le Huec, J.C., Hasegawa, K. (2016). Normative values for the spine shape parameters using 3D standing analysis from a database of 268 asymptomatic Caucasian and Japanese subjects. *Eur Spine J*, 25:3630–3637
- Legaye, J., Duval-Beaupère, G., Hecquet, J., Marty, C. (1998). Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J*, 7:99–103.
- Li, G., Wang, S., Passias, P., Xia, Q., Li, G., & Wood, K. (2009). Segmental in vivo vertebral motion during functional human lumbar spine activities. *Eur Spine J*, 18(7), 1013-1021. doi:10.1007/s00586-009-0936-6.
- Lv, X., Liu, Y., & Zhou, S. (2016). Correlations between the feature of sagittal spinopelvic alignment and facet joint degeneration: a retrospective study. *BMC Musculoskeletal Disord*, 17(1):341. doi: 10.1186/s12891-016-1193-6.
- Manchikanti, L., Nampiaparampil, D.E., Manchikanti, K.N., Falco, F.J., & Singh, V., Benyamin RM, et al. (2015). Comparison of the efficacy of saline, local anesthetics, and steroids in epidural and facet joint injections for the management of spinal pain: A systematic review of randomized controlled trials. *Surg Neurol Int*, 6(4), S194-S235. doi: 10.4103/2152-780615659
- Misir, A., Kizkapan, T.B., Tas, S.K., Yildiz, K.I., Ozcamdalli, M., Yetis, M. (2019). Lumbar spine posture and spinopelvic parameters change in various standing and sitting postures. *Eur Spine J*, 28(5):1072-1081.
- Mitchell, K., Porter, M., & Anderson, L. (2017). Differences in lumbar spine and lower extremity kinematics in people with and without low back pain during a step-up task: a cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disord*, 18(1), 369. doi:10.1186/s12891-017-1721-z.
- Mu, X., Yu, C., Kim, S. W., Ou, Y., Wei, J., & Schöller, K. (2021). Correlation of Modic Changes with Sagittal Lumbopelvic Parameters. *Journal of Pain Research*, 14, 3877. <https://doi.org/10.2147/JPR.S345098>
- Perolat, R., Kastler, A., & Nicot, B. (2018). Facet joint syndrome: from diagnosis to interventional management. *Insights Imaging*, 9(5):773-789. doi: 10.1007/s13244-018-0638-x.
- Picavet, H.S., & Schouten, J.S. (2000). Physical load in daily life and low back problems in the general population-The MORGEN study. *Prev Med*, 31(5):506–512.
- Roussouly, P., & Nnadi, C. (2010). Sagittal plane deformity: an overview of interpretation and management. *Eur Spine J*. 19(11):1824–36.
- Saper, R. B., Lemaster, C., Delitto, A., Sherman, K. J., Herman, P. M., Sadikova, E., Stevans, J., Keosaian, J. E., Cerrada, C. J., Femia, A. L., Roseen, E. J., Gardiner, P., Barnett, K. G., Faulkner, C., & Weinberg, J. (2017). Yoga, Physical Therapy, or Education for Chronic Low Back Pain. A Randomized Noninferiority Trial. *Annals of Internal Medicine*, 167(2), 85. <https://doi.org/10.7326/M16-2579>
- Schwab, F., Patel, A., & Ungar, B. (2010). Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance: how much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery. *Spine*, 35(25):2224–31.
- Schwab, F.J., Blondel, B., Bess, S. (2013). Radiographical spinopelvic parameters and disability in the setting of adult spinal deformity: a prospective multicenter analysis. *Spine*, 38(13):E803-E812.
- Sorensen, C.J., Norton, B.J., Callaghan, J.P., Hwang, C.T., & Van Dillen, L.R. (2015). Is lumbar lordosis related to low back pain development during prolonged standing? *Man Ther*, 20(4):553– 557.
- Stagnara, P., Mollon, G., & de Mauroy, J.C. (1978). *Reeducation des scolioses*. Expansion Scientifique, Paris, Franc.

- Tonosu, J., Kurosawa, D., & Nishi, T. (2019). The association between sacroiliac joint-related pain following lumbar spine surgery and spinopelvic parameters: a prospective multicenter study. *Eur Spine J*, 28(7):1603-1609.
- Vasiliadis, E.S., Grivas, T.B., & Kaspiris, A. (2009). Historical overview of spinal deformities in ancient Greece. *Scoliosis*, 4-6.
- Xu, C., Yin, M., & Mo, W. (2020). Correlation and Differences in Lumbopelvic Sagittal Alignment Parameters Between Lumbar Radiographs and Magnetic Resonance Images. *Global Spine Journal*, 12(1), 79. <https://doi.org/10.1177/2192568220947049>
- Yukawa, Y., Kato, F., Suda, K., Yamagata, M., Ueta, T., Yoshida, M. (2018). Normative data for parameters of sagittal spinal alignment in healthy subjects: an analysis of gender specific differences and changes with aging in 626 asymptomatic individuals. *Eur Spine J*, 27:426–432.

Anexos

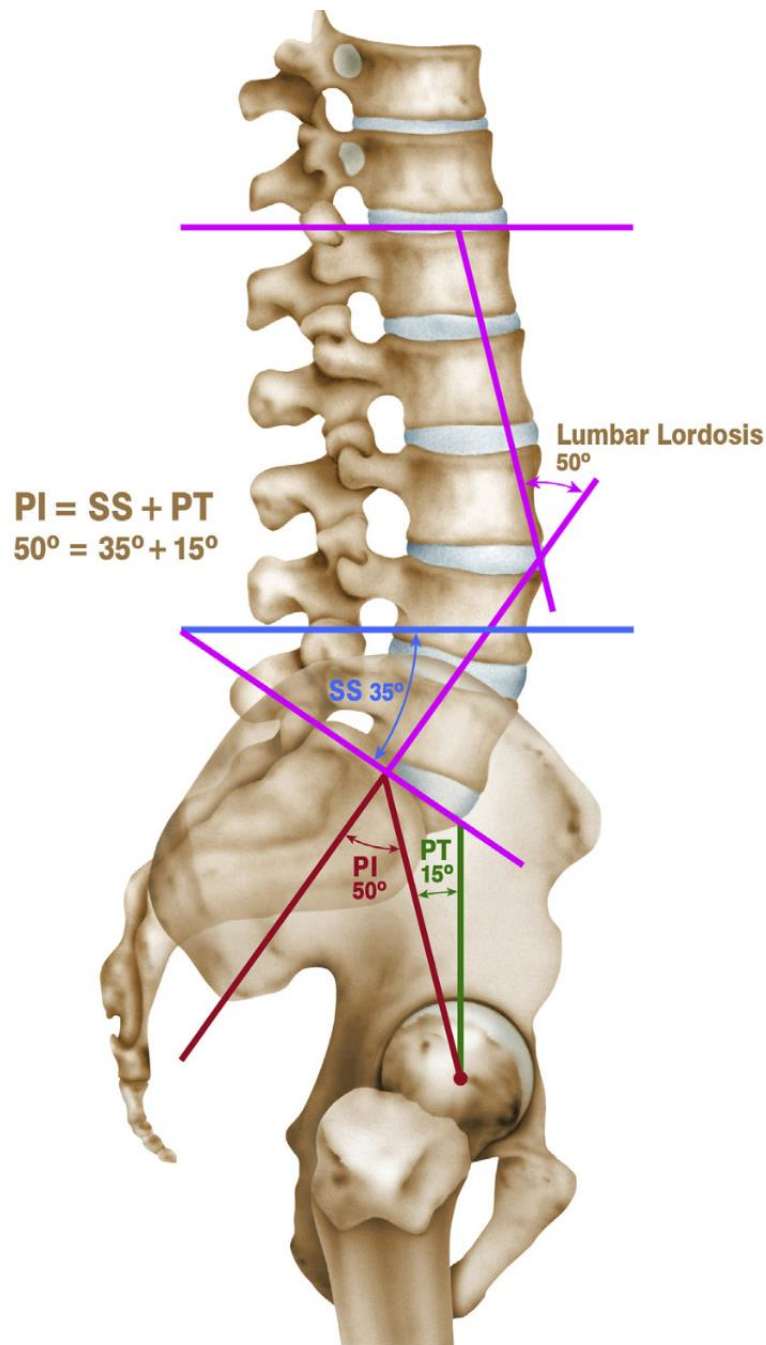


Fig. 2. Line drawing of lumbar spine and pelvis detailing how to measure PI, LL, PT, and SS.

Celestre, P. C., Dimar, J. R., II, & Glassman, S. D. (2018). Spinopelvic parameters: Lumbar lordosis, pelvic incidence, pelvic tilt, and sacral slope. *Neurosurgery Clinics of North America*, 29(3), 323–329. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2018.03.003>

Eur Spine J

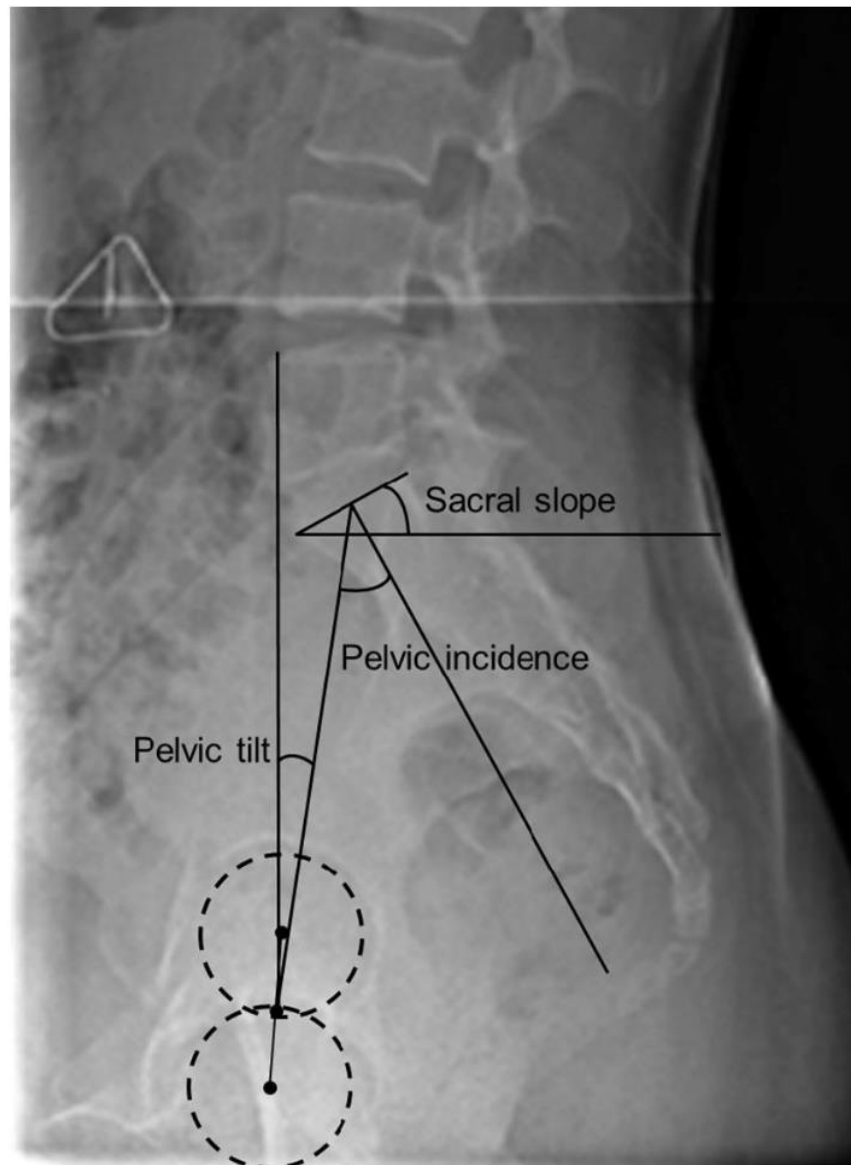
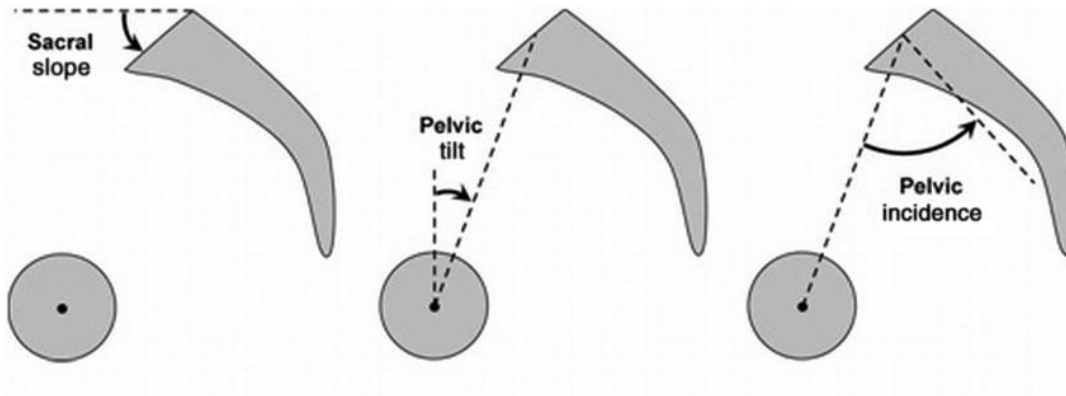


Fig. 2 Methods of measurement of spinal parameters; pelvic incidence (PI), sacral slope (SS) and pelvic tilt (PT)

Yukawa, Y., Kato, F., Suda, K., Yamagata, M., Ueta, T., & Yoshida, M. (2018). Normative data for parameters of sagittal spinal alignment in healthy subjects: an analysis of gender specific differences and changes with aging in 626 asymptomatic individuals. *European Spine Journal: Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 27(2), 426–432. <https://doi.org/10.1007/s00586-016-4807-7>



Schwab, F. J., Blondel, B., Bess, S., Hostin, R., Shaffrey, C. I., Smith, J. S., Boachie-Adjei, O., Burton, D. C., Akbarnia, B. A., Mundis, G. M., Ames, C. P., Kebaish, K., Hart, R. A., Farcy, J.-P., & Lafage, V. (2013). Radiographical spinopelvic parameters and disability in the setting of adult spinal deformity: A prospective multicenter analysis. *Spine*, 38(13), E803–E812. <https://doi.org/10.1097/brs.0b013e318292b7b9>