BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTONÓMA DE PUEBLA
Facultad de Medicina

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
Unidad Médica de Alta Especialidad
Hospital de Traumatología y Ortopedia
"Manuel Ávila Camacho"

Parámetros de inestabilidad vertebral y perfil radiológico en fracturas toracolumbares en la UMAE HTO Puebla.

Tesis para obtener el Diploma de
Especialidad en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica

Presenta:
Dra. Estefanía Godínez Barriga.

Director de tesis:
Dra. Santa Portillo Gutiérrez.

Tutor de tesis:
Dr. Jorge Quiroz Williams.

N° de registro: R-2025-2105-003

Puebla de Zaragoza, Puebla, México. Enero 2026

Parámetros de inestabilidad vertebral y perfil radiológico en fracturas toracolumbares en la UMAE HTO Puebla.

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS.

Dedicatoria:

Primeramente a Dios, fundamento de todo lo que somos y de todo aquello que estamos llamados a ser.

A mi familia, por su amor incondicional y por caminar conmigo cada etapa de este proceso:
a mi mamá, por acompañarme siempre, por creer, y por soñar conmigo;
a mi papá, por marcar con firmeza y cuidado el camino correcto;
a mi abuela, por su amor infinito;
y a mis hermanos, por su apoyo incondicional.

A mis perros, por hacer llevaderos incluso los momentos más difíciles.

Agradecimientos:

A mis maestros, por su guía y enseñanza a lo largo de mi formación, y de manera especial a la Dra. Santa, por compartir generosamente su conocimiento y dejar tanto de sí en cada uno de nosotros.

Agradezco a David, por impulsarme a iniciar este proyecto y por su apoyo constante.

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS.

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

UNIDAD MÉDICA DE ALTA ESPECIALIDAD
HOSPITAL DE TRAUMATOLOGIA Y ORTOPEDIA
"MANUEL AVILA CAMACHO"

DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN EN SALUD

Puebla de Zaragoza, Puebla, a 30 de noviembre de 2025

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS.

Por medio de la presente hacemos constatar que el trabajo científico "**Parámetros de inestabilidad vertebral y perfil radiológico en fracturas toracolumbares en la UMAE HTO Puebla.**" con número de registro institucional **R-2025-2105-003** realizada por el(la) médico residente **Dra. Estefanía Godínez Barriga** del curso de especialización médica en **Imagenología Diagnóstica y Terapéutica** ha sido revisado por el(la) director(a) y tutor de tesis.

Por lo tanto, **autorizamos su impresión**.

Dra. Suemmy Gaytán Fernández
Directora de Educación e Investigación en Salud

Dr. Jorge Quiroz Williams
Jefe de la División de Investigación en Salud
Tutor de tesis

Dr. Luis Enrique Martínez Urbano
Jefe de la División de Educación en Salud

Dar. Santa Portillo Gutiérrez
Directora de Tesis

IDENTIFICACIÓN DE LOS INVESTIGADORES.

Investigador principal:

Dra. Santa Portillo Gutiérrez

Médico No Familiar. Especialista en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica. Adscrito al servicio de Radiodiagnóstico. Turno Matutino. UMAE HTYO Puebla.

Investigadores asociados:

Dr. Jorge Quiroz Williams (Tutor de tesis)

Jefe de la División de Investigación en Salud, UMAE HTYOP.
Especialista en Ortopedia. Maestría en Docencia y Administración de la Educación Superior.
Diplomado en Investigación clínica.

Dr. Carlos Leonel Rodríguez Palacios (Experto en el tema)

Jefe de Servicio, Servicio de Radiodiagnóstico UMAE HTYOP.
Especialista en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica. Curso de Alta Especialidad en Imagenología del Sistema Musculoesquelético.

Dra. Estefanía Godínez Barriga (Tesista)

Médico Residente del curso de especialización médica en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica . IMSS-BUAP. UMAE HTYOP.

Parámetros de inestabilidad vertebral y perfil radiológico en fracturas toracolumbares en la UMAE HTO Puebla.

INDICE.

1. Resumen. 11

2. Marco teórico. 13

2.1. Introducción 13

2.2. Antecedentes generales. 15

2.2.1. Fracturas de la columna vertebral 15

2.2.2. Inestabilidad de la columna vertebral 15

2.2.3 Parámetros de medición radiográficos. 15

2.2.3.1. Dimensiones del canal espinal. 21

2.3. Fracturas de la columna toracolumbar. 22

2.3.4. Hallazgos radiológicos de las fracturas de la columna toracolumbar. 29

2.3.5. Parámetros de medición del grado de aplastamiento vertebral en fracturas toracolumbares. 32

2.4. Lesiones por flexión distracción "de chance" (por cinturón de seguridad) 34

2.3. Antecedentes específicos. 39

2.3.1. Signos y mediciones radiográficas de progresión de fracturas toracolumbares. 39

revisión sistemática. 39

estado del arte. 0

3. Planteamiento del problema. 4

4. Justificación. 6

5. Objetivos. 7

5.3. Objetivo general. 7

5.4. Objetivos específicos. 7

6. Hipótesis. 8

6.3. Hipótesis de investigación (h_1): 8

6.4. Hipótesis nula (h_0): 8

6.5. Hipótesis alternativas(h_a): 8

7. Material y metodos. 9

7.1. Diseño de la investigación. 9

7.2. Universo de trabajo. 9

7.3. Ubicación temporoespacial. 9

7.4. Muestra. 9

7.5. Criterios de selección. 10

7.6. Variables. 11

7.7. Método. 14

7.7.1. Procedimiento. 14

7.7.2. Recolección de la información. 15

7.7.3. Maniobras para evitar y controlar sesgos. 15
7.7.4. Análisis estadístico. 16
7.7.5. Mapa procedimental. 17
7.8. Recursos e infraestructura. 18
7.8.1. Recursos humanos. 18
7.8.2. Recursos materiales. 19
7.8.3. Recursos financieros. 19
8. Consideraciones éticas. 20
9. Cronograma de actividades. 28
10. Resultados 29
11. Discusion 30
12. Conclusiones 4
13. Bibliografía. 6
14. Anexos. 12
14.1. Anexo i. Carta de consentimiento informado. 12
14.2. Anexo ii. Hoja de recolección de datos. 13

1. RESUMEN.

Título: "Parámetros de medición del grado de aplastamiento vertebral en fracturas toracolumbares en la UMAE HTO Puebla".

Antecedentes. Las fracturas toracolumbares (FTL) son frecuentes y tienen graves consecuencias para la calidad de vida, afectando la estabilidad vertebral y causando complicaciones neurológicas. La variabilidad en los métodos de medición del colapso vertebral genera incertidumbre en la evaluación, resaltando la necesidad de mejorar la precisión en su análisis para optimizar el tratamiento de estos pacientes.

Objetivo. Evaluar los diferentes parámetros de medición radiológica para determinar el colapso vertebral en pacientes con antecedente de fractura de la columna toracolumbar de la UMAE HTO Puebla.

Hipótesis:

Las fracturas por compresión son el tipo más frecuente de fractura toracolumbar y son biomecánicamente estables.

Material y método. Estudio observacional analítico y retrospectivo, en pacientes que hayan presentado FTL en el periodo del 01 de enero 2020 a 31 diciembre de 2024. A todos los pacientes se les medirán AVM, AVP, AVA, AVA, AMA, AVP, ACV, Angulo de cifosis, Relación de compresión vertebral, Porcentaje de pérdida de altura vertebral, Porcentaje de compresión de la altura anterior, Porcentaje de compresión de la altura media, Ángulo cifótico calculado. La fuente de información será el archivo clínico y bases de datos del hospital. Se realizará estadística descriptiva y analítica.

Resultados:

Discusión:

Conclusiones:

Palabras claves: vértebras lumbares; fracturas; vertebras torácicas; parámetros de medición radiológica; colapso del cuerpo vertebral; cuerpo vertebral.

Key words (MESH): lumbar vertebrae; fractures; thoracic vertebrae; radiological measurement parameters; collapse of the vertebral body; vertebral body.

Parámetros de inestabilidad vertebral y perfil radiológico en fracturas toracolumbares en la UMAE HTO Puebla.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. INTRODUCCIÓN

El soporte estructural y eje del organismo lo constituye la columna vertebral, una estructura en cuya organización participan huesos (cuerpos vertebrales) y fibrocartílago (discos), todos los elementos están articulados entre sí, presentan soporte y movilidad con resistencia al peso del organismo, debido a que están unidos mediante ligamentos. ANATOMÍA: la división de la columna está constituida por cuatro regiones principales: cervical (formada por 7 vértebras), torácica o dorsal (compuesta por 12 vértebras), lumbar y sacra (con cinco vértebras cada una). *(López Sánchez et al., n.d.)*

Se denomina Atlas a la primera vértebra cervical (C1); ésta tiene forma de anillo con un arco anterior y otro posterior. Las cavidades glenoides se localizan en las masas laterales, útiles para articularse con el hueso occipital. *(López Sánchez et al., n.d.)*

El Axis es la segunda vértebra cervical (C2). Se articula con el arco anterior del atlas mediante la apófisis odontoides, con la principal contribución del ligamento transverso. Las otras vértebras cervicales comparten características con la columna torácica y lumbar. El cuerpo se caracteriza por ser una estructura cilíndrica anterior, a los lados de la apófisis espinosa se encuentran los pedículos que surgen del cuerpo vertebral y siguen una dirección posterior y superior. La región posterolateral del agujero raquídeo lo constituyen las láminas, éstas son anchas, gruesas y están sobrepuestas por a la plataforma de la siguiente vértebra. La medula espinal debe finalizar en el cono medular y está contenida en el canal vertebral. La apófisis espinosa es larga, triangular, y tiene dirección inferior oblicua. Las apófisis transversas parten del arco posterior a la apófisis articular superior y los pedículos. *(López Sánchez et al., n.d.)*

Cada vértebra tiene dos articulaciones facetarias. La carilla articular superior funciona como charnela con la carilla articular inferior, las rodea una cápsula de tejido conectivo y produce líquido sinovial, las superficies de la articulación están cubiertas de cartílago que proporciona movilidad uniforme. *(López Sánchez et al., n.d.)*

Es esencial diferenciar la morfología "normal" tomando en cuenta la variabilidad según la demografía y las características propias de las vértebras. Según el nivel del cuerpo vertebral, existe una diferencia en la altura anterior y posterior. En las vértebras torácicas medias de T6 a T8, la altura

anterior tiene un valor medio casi un 14% menor que la altura posterior. Sin embargo, a partir de L2 en las mujeres y L3 en los hombres, la altura anterior de estas vértebras se iguala a la posterior, e incluso puede ser mayor en las vértebras lumbares inferiores.

De la misma forma el cuerpo vertebral incrementa su altura y volumen progresivamente en dirección caudal aproximadamente hasta la vértebra L2. *(Naves et al., 2007)*

2.2. ANTECEDENTES GENERALES.

2.2.1. Fracturas de la columna vertebral.

El desarrollo óptimo y adecuado de las funciones de la columna esta determinado por las curvas fisiológicas del plano sagital. Cuando existe una fractura a nivel vertebral con deformidad y alteración de dicho perfil, se provoca una alteración de su función.

Las vértebras superiores e inferiores, a la vértebra lesionada, deberán adaptarse a la nueva situación, intentando compensar esa desviación; esto supondrá una sobrecarga para una serie de elementos que deberán cumplir una función biomecánica para la cual no estaban preparados. *(Escribá Urios et al., 2006)*

Entre las modalidades de imagen, la radiografía es la herramienta más utilizada para el diagnóstico y la evaluación de las fracturas por compresión. La pérdida de altura del cuerpo vertebral y el ángulo cifótico son dos parámetros de imagen importantes para determinar el pronóstico y el tratamiento adecuado (Hsu et al., 2019).

2.2.2. Inestabilidad de la columna vertebral

Columna estable es aquella que es capaz de soportar el estrés sin deformidad progresiva o algún daño neurológico. *(M de la Torre González, 2018)*

Los criterios de inestabilidad vertebral se basan en la teoría de “las tres columnas” en donde “la afectación de dos de ellas presupone inestabilidad”. Las características radiográficas de las mismas son la pérdida de altura del cuerpo vertebral y otro signo radiológico relevante incluye el aumento de la distancia interpeduncular mayor a 7 mm. *(M de la Torre González, 2018)*

El rasgo anatomopatológico fundamental es la afectación del muro posterior del cuerpo vertebral con retropulsión ósea hacia el canal medular. *(Escribá Urios et al., 2006)*

Específicamente los parámetros radiológicos que sugieren inestabilidad se mencionan a continuación:

- Pérdida de la altura vertebral mayor al 50%. (Hsu et al., 2019)
- Angulo cifótico de 15° a 30°. (Hsu et al., 2019)
- Porcentaje de compresión de la altura vertebral media menor al 40%, con un colapso de la altura vertebral media mayor o igual al 60%. (Hsu et al., 2019)

- Presencia de hendidura intravertebral. (Hsu et al., 2019)
- Estenosis del canal mayor al 50%. *(Villalvazo BA et al., 2023)*
- Retropulsión del muro posterior. *(Escribá Urios et al., 2006)*
- Lesión del complejo ligamentario posterior. *(Villalvazo BA et al., 2023)*

2.2.3 Parámetros de medición radiológicos.

Anteriormente, los investigadores utilizaron diferentes métodos de medición para evaluar el grado de colapso del cuerpo vertebral utilizando la altura de la pared posterior como la relación de compresión del cuerpo vertebral de referencia o el porcentaje de compresión de la altura anterior, que utiliza la altura media de segmentos adyacentes a un cuerpo vertebral sano como valor de referencia. *(Hsu et al., 2019b)*

- ***Alineación sagital.***

  La deformidad sagital que resulta de las fracturas toracolumbares se puede evaluar mediante múltiples métodos descritos: el ángulo de Cobb, la deformidad segmentaria de Gardner, el índice sagital y la traslación del cuerpo vertebral (Figura 1) *(Keynan et al., 2006)*

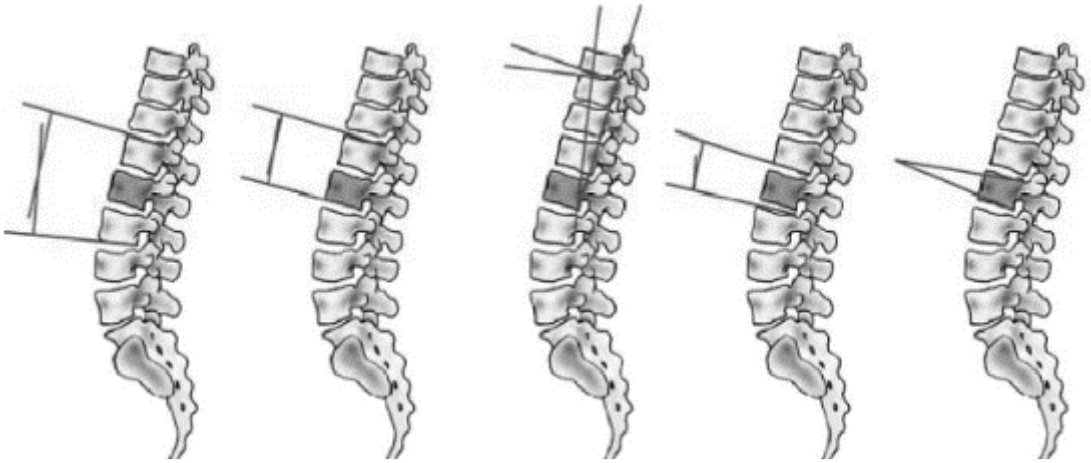


Figura 1. Medición de la alineación sagital. **Descripción:** Método 1 ángulo de Cobb; Método 2 la deformidad segmentaria de Gardner; Método 3 el índice sagital; Método 4 la traslación del cuerpo vertebral: Método 5 ángulo de cuña. **Fuente:** obtenido del artículo ¨Parámetros de Medición Radiográfica en Fracturas Toracolumbares: Revisión Sistemática y Declaración de Consenso del Grupo de Estudio de Traumatismos de la Columna Vertebral¨. *(Keynan et al., 2006)*

- ***Ángulo de Cobb.***

  Modalidad de Imagen y Proyección. Radiografía simple lateral.

Definición. El ángulo formado entre una línea paralela a la placa terminal superior de una vértebra por encima de la fractura y una línea paralela a la placa terminal inferior de la vértebra un nivel por debajo de la fractura (Figura 2) *(Keynan et al., 2006)*

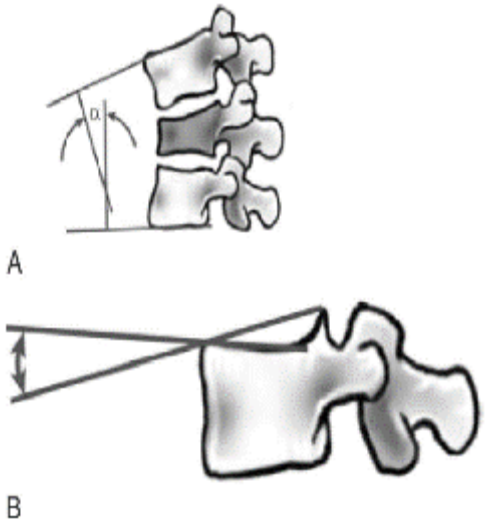


Figura 2. Técnica correcta para medir el ángulo de Cobb. En una radiografía lateral. **Descripción:** A. Ejemplo esquemático de la arquitectura de la placa terminal que puede aumentar la variabilidad de las mediciones. B. Se propone dibujar una línea paralela plana del cuerpo e ignorar la cresta de la placa terminal superior.**Fuente:** obtenido del artículo ¨Parámetros de Medición Radiográfica en Fracturas Toracolumbares: Revisión Sistemática y Declaración de Consenso del Grupo de Estudio de Traumatismos de la Columna Vertebral¨. *(Keynan et al., 2006)*

- ***La deformidad segmentaria de Gardner.***

Modalidad de Imagen y Proyección. Radiografía simple lateral Definición. El ángulo formado por líneas paralelas al platillo inferior de la vértebra fracturada y al platillo superior de las vértebras cefálicas adyacentes (Figura 3).

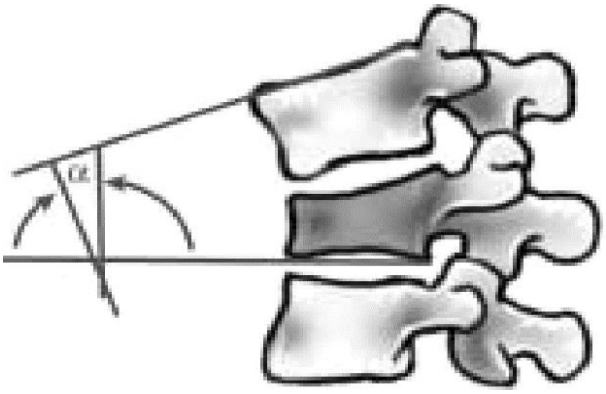


Figura 3. Técnica para medir la deformidad segmentaria de Gardner. **Descripción:** En una radiografía lateral. **Fuente**: obtenido del artículo ¨Parámetros de Medición Radiográfica en Fracturas Toracolumbares: Revisión

Sistemática y Declaración de Consenso del Grupo de Estudio de Traumatismos de la Columna Vertebral¨. *(Keynan et al., 2006).*

- ***Índice sagital.***

  Modalidad de Imagen y Proyección. Radiografía simple lateral.

  Definición. La medida de la cifosis segmentaria a nivel de un determinado segmento móvil ajustada por el contorno sagital basal a ese nivel.

  Se desarrolló por Farcy et al. para predecir el riesgo de deformidad sagital en las fracturas por estallido toracolumbar, utilizando las siguientes estimaciones de referencia para curva sagital intacta; 5° en la columna torácica, 0° en la columna toracolumbar, y -10° en la columna lumbar. La cifosis segmentaria a nivel de la fractura se definió como un valor positivo y se utilizó la resta de los valores iniciales de la cifosis segmentaria para derivar el índice sagital, concluyeron que el índice sagital es un criterio útil para evaluar la deformidad, predecir la progresión de la cifosis segmentaria y proporcionar pautas sobre la cantidad de corrección necesaria durante la cirugía (Figura 4).

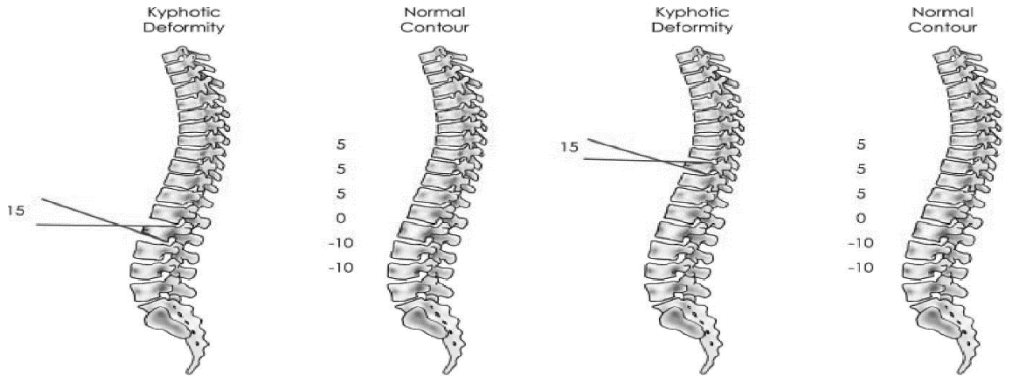


Figura 4. El concepto del índice sagital. **Descripción:** El índice sagital se obtiene restando los valores de referencia de la cifosis segmentaria medida en el nivel lesionado. **Fuente**: obtenido del artículo ¨Parámetros de Medición Radiográfica en Fracturas Toracolumbares: Revisión Sistemática y Declaración de Consenso del Grupo de Estudio de Traumatismos de la Columna Vertebral¨. *(Keynan et al., 2006)*

La utilidad de este índice se limita porque existe una discrepancia entre la descripción escrita del método utilizado y la ilustración proporcionada con el texto. Ya que, aunque los investigadores afirman haber empleado el método de Cobb para evaluar la alineación sagital

de la vertebra fracturada, en las ilustraciones parece que las líneas se dibujaron a lo largo de las placas terminales de la vertebra fracturada. *(Keynan et al., 2006)*

- ***Porcentaje de traslación del cuerpo vertebral.***

  Modalidad de Imagen y Proyección. Radiografía simple lateral.

  Definición. La relación de la distancia perpendicular entre los cuerpos vertebrales posteriores de las 2 vértebras del segmento de movimiento dislocado y el diámetro sagital del cuerpo vertebral deslizado, calculado como un porcentaje (Figura 5).

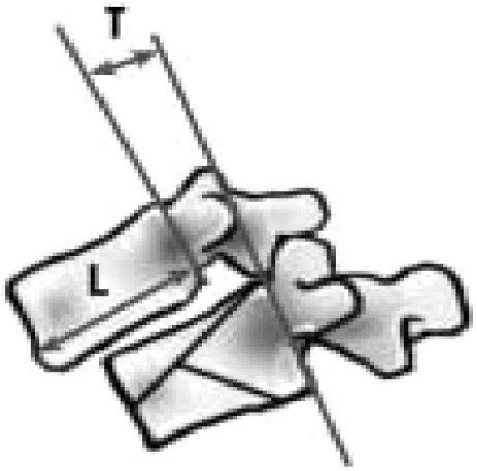


Figura 5. Porcentaje de traslación del cuerpo vertebral. **Descripción:** Se calcula como la relación T/L, medida en una radiografía lateral simple. "T" representa la distancia entre las líneas trazadas a lo largo de los bordes posteriores de los cuerpos vertebrales del segmento de movimiento lesionado, y "L" representa el diámetro sagital medido del cuerpo de la vértebra desplazada. **Fuente:** obtenido del artículo ¨Parámetros de Medición Radiográfica en Fracturas Toracolumbares: Revisión Sistemática y Declaración de Consenso del Grupo de Estudio de Traumatismos de la Columna Vertebral¨. *(Keynan et al., 2006)*

- ***Compresión del cuerpo vertebral.***

  Modalidad de Imagen y Proyección. Radiografía simple lateral, o reconstrucción de tomografía computarizada, plano medio sagital.

  Definición. La relación entre la altura vertebral anterior y la altura vertebral posterior. La altura vertebral anterior se mide desde la esquina anterosuperior de la vértebra hasta la esquina anteroinferior, y la altura vertebral posterior se mide desde la esquina posterosuperior a la posteroinferior (Figura 6). *(Keynan et al., 2006)*

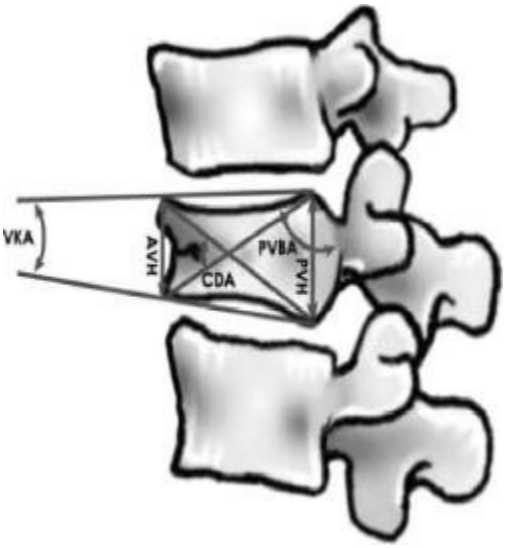


Figura 6. Modelo de compresión del cuerpo vertebral de la columna anterior/media. **Descripción:** Se utilizan los siguientes parámetros radiográficos para describir el trauma: la relación de altura vertebral, el ángulo cifótico vertebral (VKA), el ángulo del cuerpo vertebral posterior (PVBA) y el ángulo de la diagonal cruzada (CDA). **Fuente:** obtenido del artículo ¨Parámetros de Medición Radiográfica en Fracturas Toracolumbares: Revisión Sistemática y Declaración de Consenso del Grupo de Estudio de Traumatismos de la Columna Vertebral¨. *(Keynan et al., 2006)*

- ***Porcentaje de compresión del cuerpo vertebral anterior.***

Modalidad de Imagen y Proyección. Radiografía simple, lateral. Definición. El porcentaje de compresión vertebral anterior con respecto a la siguiente vértebra intacta adyacente, superior e inferior de la vértebra fracturada. La fórmula para la compresión del cuerpo anterior es [(V1 + V3) / 2 - V2]/ (V1 + V3) /2] (Figura 7).

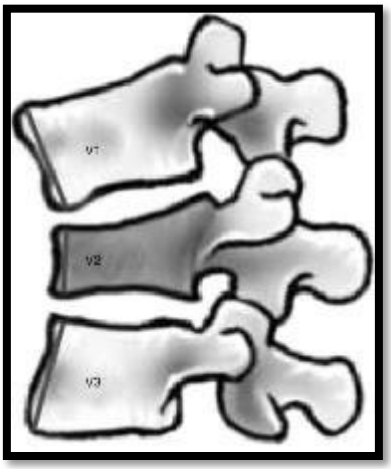


Figura 7. Compresión del cuerpo anterior. **Descripción:** V1 altura vertebral anterior (AVH) de la vértebra por encima de la lesión; V2, la altura vertebral anterior en el nivel lesionado; y V3, la altura vertebral anterior en el nivel por debajo de la vértebra lesionada. **Fuente:** obtenido del artículo ¨Parámetros de Medición Radiográfica en Fracturas Toracolumbares: Revisión Sistemática y Declaración de Consenso del Grupo de Estudio de Traumatismos de la Columna Vertebral¨. *(Keynan et al., 2006)*

2.2.3.1. Dimensiones del canal espinal.

- ***Diámetro del canal sagital.***

  Modalidad de imagen y proyección: tomografía computarizada transversal.

  Definición. La distancia entre el borde del canal posterior y el borde del canal anterior. El borde posterior del canal se define como la convergencia de los márgenes superiores de las láminas en la línea media de la apófisis espinosa, y el borde anterior se define como el borde posterior del cuerpo vertebral medio. *(Keynan et al., 2006)*

- ***Diámetro del canal transversal***

  Modalidad de imagen y proyección: tomografía computarizada transversal

  Definición: La distancia entre los bordes mediales de los pedículos en el nivel medio del pedículo. *(Keynan et al., 2006)*

- ***Área transversal del canal***

  Modalidad de imagen y proyección: tomografía computarizada transversal

  Definición: El área total del canal limita anteriormente con el borde posterior del cuerpo vertebral, posteriormente con la convergencia del borde superior de las láminas en la línea media de la apófisis espinosa y lateralmente con el borde medial de los pedículos. *(Keynan et al., 2006)*

- ***Porcentaje de oclusión del canal***

  Modalidad de imagen y proyección: tomografía computarizada transversal

  Definición. Relación entre la estenosis del canal en el nivel de la lesión y las dimensiones normales estimadas del canal en ese nivel. *(Keynan et al., 2006)*

2.3. FRACTURAS DE LA COLUMNA TORACOLUMBAR.

2.3.1. Definición.

Las fracturas de la columna vertebral se presentan con una frecuencia aproximada de 20 a 30 casos por millón de habitantes cada año. Este tipo de lesión aparece con mayor frecuencia en hombres jóvenes entre los 25 y 35 años. En la mayoría de los casos, el traumatismo ocurre en las zonas donde cambia la movilidad de la columna, especialmente en la unión cervicotorácica (C6–T1) y en segundo lugar, en la región toracolumbar (T11–L2). Las fuerzas de alta energía como los accidentes de tránsito y las caídas de altura, vulneran estas áreas.

En estas transiciones la columna pasa de un segmento torácico rígido, estabilizado por las costillas y el esternón, a una porción lumbar más móvil, lo que genera un punto crítico de estrés mecánico que resulta en mayor susceptibilidad para lesiones. *(Villalvazo BA et al., 2023)*

Las fracturas osteoporóticas por compresión vertebral son muy comunes en los ancianos y se estima que cada año se producen 1,4 millones de nuevas fracturas en todo el mundo. *(Yu et al., 2019)*

Las fracturas por compresión de la columna toracolumbar tienen un mecanismo de lesión por flexión y compresión. Este mecanismo suele implicar la primera columna (ligamento longitudinal anterior y mitad anterior del cuerpo vertebral). *(Alexandru & So, 2012)*

La estabilidad de la columna se define como la capacidad de prevenir el desarrollo de lesiones neurológicas y deformidades progresivas en respuesta a una carga fisiológica y un rango normal de movimiento. La estabilidad de la columna depende de la integridad de los componentes óseos y ligamentosos. La lesión de uno o ambos puede provocar una inestabilidad de la columna que requiere estabilización quirúrgica. *(Khurana et al., 2013)*

El signo de la hendidura intravertebral se ha descrito como factor predisponente al colapso vertebral y se observa como una sombra radiotransparente en la radiografía lateral, hipodensa en la TC sagital, una señal hipointensa en las imágenes potenciadas en T1 e hipointensa/ hiperintensa en las imágenes potenciadas en T2. Además, en las imágenes potenciadas en T2 se puede observar una zona periférica de hipointensidad que rodea la hiperintensidad (Figura 8). *(Yu et al., 2019)*



Figura 8. Manifestación radiológica de hendidura intravertebral. **Descripción:** La radiografia lateral muestra una sombra radiotransparente en T1. La tomografía sagital muestra una hendidura vertebral con placa terminal superior T12. Resonancia magnética en T1W demuestra liquido dentro de una hendidura intravertebral con hipointensidad en L1, resonancia magnética sagital en T2W demuestra liquido dentro de una hendidura intravertebral con hiperintensidad en L1. **Fuente:** Obtenido del artículo ¨ Factores de riesgo y puntuación para el colapso recurrente de las vértebras aumentadas después de la vertebroplastia percutánea en fracturas por compresión vertebral osteoporótica¨. *(Yu et al., 2019)*

2.3.2. Etiología.

La etiología más común de las fracturas por compresión es la osteoporosis, aunque el trauma, las infecciones y las neoplasias también pueden ser causa de éstas.

La causa más común de fracturas por compresión en pacientes sin osteoporosis es el traumatismo grave y dentro de las causas traumáticas, los accidentes automovilísticos son los más implicados. En pacientes menores de 55 años con fracturas por compresión, se puede considerar la malignidad como una posible causa. *(Alexandru & So 2012)*

Se considera a la osteoporosis como el factor de riesgo más importante para las fracturas por compresión, sin embargo, existen además factores de riesgo modificables y no modificables (Tabla 1). *(Alexandru D, So W 2012).*

MODIFICABLES	NO MODIFICABLES
Consumo de alcohol Consumo de tabaco Osteoporosis Deficiencia de estrógenos Menopausia precoz Salpinogooforectomía bilateral Amenorrea premenopáusica durante más de un año Fragilidad	Edad avanzada Sexo femenino Origen caucásico Demencia Susceptibilidad a caídas Historia de fracturas en la edad adulta Historia de fracturas en un familiar de primer grado

Visión deteriorada Actividad física insuficiente Bajo peso corporal Deficiencia de calcio en la dieta Deficiencia de vitamina D	

Tabla 1. Factores de riesgo en fracturas por compresión. **Descripción:** Se describen los factores de riesgo modificables y no modificables para las fracturas por compresión vertebral. **Fuente:** Tabla obtenida del artículo Evaluation and management of vertebral compression fractures. *(Alexandru & So 2012)*

2.3.3. Cuadro clínico.

La manifestación más frecuente es el dolor, sin embargo, los síntomas neurológicos suelen ser infrecuentes ya que las fracturas por compresión no implican retropulsión de los fragmentos óseos hacia el canal espinal.

Existe la hipótesis en la que se plantea que estas fracturas son ocasionadas por un aumento de carga en la columna, causada por la contracción de los músculos para espinales. *(Alexandru D, So W., 2012)*

2.3.4. Clasificación.

La estabilidad de la columna toracolumbar representa uno de los aspectos más importantes a tomar en cuenta para la clasificación de las fracturas por compresión.

Existen varios sistemas de clasificación de las fracturas, y han tenido modificaciones a lo largo del tiempo; se realiza una breve revisión de estos a continuación:

Boheler (1930).

Basada en la anatomía mecánica, dividió las fracturas en cinco categorías que incluyen fracturas por compresión, lesiones por flexión distracción, fracturas por extensión con lesión de los ligamentos longitudinales anterior y posterior, fracturas por cizallamiento y lesiones por rotación. *(Gomleksiz, 2015)*

Whatson & Jones (1938).

Describió el concepto de inestabilidad y su efecto en el tratamiento de las lesiones toracolumbares. Es el primer sistema de clasificación que integra el concepto del complejo ligamentoso posterior y su relevancia en la estabilidad de la columna. *(Gomleksiz 2015)*

Nicoll (1949).

Clasificación anatómica. Definió cuatro estructuras principales; el cuerpo vertebral, el disco, las articulaciones intervertebrales y el ligamento interespinoso; y la integridad de este último determinó la estabilidad. *(Gomleksiz 2015)*

Holdsworth (1963).

Determinó la teoría de las columnas y los puntos de clasificación son el mecanismo de lesión, las fuerzas que actúan sobre la columna vertebral y los tejidos blandos para espinales asociados. *(Gomleksiz 2015)*

La columna posterior se encontraba definida por el complejo ligamentario posterior, del cual dependía la estabilidad de esta. Una lesión de la columna anterior condicionaría distracción de la columna posterior, asimismo la compresión de la columna posterior causará una lesión por distracción en la columna anterior.

Esta clasificación consideró a las fracturas por flexión como biomecánicamente estables*. (Gomleksiz 2015)*

La pérdida de la altura superior al 40- 50% puede provocar ruptura de los ligamentos posteriores y provocar inestabilidad. Las fracturas por rotación son naturalmente inestables debido a que provocan una tensión en las facetas posteriores. Las lesiones por extensión que generan tensión de los tejidos anteriores y compresión de los elementos posteriores; se consideran estables biomecánicamente siempre y cuando no exista interrupción de los elementos posteriores. *(Gomleksiz, 2015)*

Kelly y whitesides (1968).

Definieron la columna anterior como el cuerpo vertebral sólido y la columna posterior como el arco neural y los elementos posteriores. Definieron a las fracturas por estallido como intrínsecamente inestables. *(Gomleksiz, 2015)*

Denis (1983).

Se trata de una clasificación mecánica, definiendo por primera vez la columna anterior, columna media y columna posterior:

Columna anterior: Ligamento longitudinal anterior, y dos tercios anteriores del anillo fibroso y el cuerpo vertebral.

Columna media: tercio posterior del cuerpo vertebral, incluyendo el anillo fibroso y el ligamento longitudinal posterior.

Columna posterior: fué definida como la totalidad de estructuras que se encuentran posteriores al ligamento longitudinal posterior, dentro de los que se encuentran los elementos óseos posteriores (pedículos, laminas, articulaciones facetarias). *(Moya Sánchez et al., 2016)*

Menciona que la inestabilidad mecánica y el deterioro neurológico compresivo pueden presentarse de forma independiente o simultánea. La inestabilidad mecánica puede llevar a una cifosis que aumentará con el tiempo, sin embargo puede no presentar inestabilidad neurológica, por otro lado aún sin signos de inestabilidad puede existir deterioro neurológico. Denis denominó lesiones de «primer grado» a la inestabilidad mecánica aislada, lesiones de «segundo grado» al deterioro neurológico y lesiones de «tercer grado» a la combinación de ambos. *(L et al., 2005)*

Clasificación y escala de gravedad de las lesiones toracolumbares (TLICS)

El sistema de clasificación se basa en la morfología de la lesión, la integridad del complejo ligamentoso posterior y el estado neurológico del paciente. La morfología de la lesión y la integridad del complejo ligamentoso posterior se pueden definir mediante el aspecto en los estudios de imagen. Se asignan puntos a cada categoría, y la puntuación total sugiere una posible opción de tratamiento, las puntuaciones mayores sugieren lesiones mas graves que requieren tratamiento quirúrgico según el Grupo de Estudio de Traumatismos de la Columna Vertebral. *(L et al., 2005)*

Hay tres categorías principales para clasificar la morfología de la lesión mediante el análisis de los estudios de imagen disponibles. Las tres subcategorías principales son (1) lesiones por compresión, (2) lesiones por traslación/rotación y (3) lesiones por distracción. En caso de existir lesiones en varios niveles, o si en un mismo nivel se presentan varias morfologías primarias, solo se contabiliza la mas grave. *(L et al., 2005)*

2.3.5. Tipos de lesión:

- **Fracturas por compresión**.

  Son la forma más común de las fracturas toracolumbares. En esta la columna vertebral recibe una carga axial que se transmite a la pared anterior del cuerpo vertebral, el cual se deforma en forma de cuña, con cifosis de grado variable. La pared posterior permanece intacta. *(L et al., 2005)*

  Se producen debido a flexión anterior y lateral. Se encontrará lesión en la columna anterior sin lesión en la columna media, sin lesión o con algunas lesiones por distracción de la columna posterior. Este es el mecanismo más frecuente y el más simple ya que no asocia retropulsión de los fragmentos en sentido posterior hacia el canal espinal. *(Moya Sánchez et al., 2016)*

- **Fracturas por estallido "*tipo burst*"**

  Es otra variante de las fracturas por compresión, en esta la carga axial se transmite a la pared anterior y posterior del cuerpo vertebral. La escala de gravedad de las lesiones toracolumbares asigna un punto a las fracturas por compresión y en caso de ser una fractura por estallido se asigna un punto adicional. *(L et al., 2005)*

  Existe afectación en las columnas anterior y media produciendo multifragmentación con desplazamiento de los fragmentos en sentido posterior, con invasión de estos hacia el canal espinal y compresión del saco Tecal. *(Moya Sánchez et al., 2016)*

  El estallido del cuerpo vertebral determina que los pedículos desolidarizados de la parte anterior de la vertebra se separen quedando como bisagra un punto sobre la lámina, el cual evita que la medula se someta a una compresión deletérea. *(Moya Sánchez et al., 2016)*

- **Fracturas por distracción.**

  En estas existe una disrupción como consecuencia de la tracción de la columna vertebral. Las consecuencias pueden ser lesiones en las estructuras óseas, los ligamentos o ambos; resultando en inestabilidad circunferencial. A esta lesión le son asignados cuatro puntos en la escala de gravedad de lesiones toracolumbares. *(L et al., 2005)*

- **Fracturas por traslación.**

Las fracturas por traslación representan uno de los patrones más graves dentro del espectro de lesiones de la columna dorsolumbar. Este tipo de fracturas se caracteriza por una pérdida completa del alineamiento vertebral, en la cual uno de los segmentos vertebrales se desplaza respecto al adyacente en los planos sagital, coronal o axial. Esta alteración refleja una disrupción de los tres pilares vertebrales, lo que implica daño severo de los elementos óseos y del complejo ligamentario posterior. *(Moya Sánchez et al., 2016)*

2.3.4. HALLAZGOS RADIOLÓGICOS DE LAS FRACTURAS VERTEBRALES.

2.3.4.1. Radiográficos.

En muchos entornos hospitalarios, la radiografía simple es la modalidad de imagen inicial común. Ofrece información rápida sobre las lesiones y muestra de manera adecuada segmentos extensos del esqueleto axial. Las proyecciones radiográficas más frecuentes son la AP (anteroposterior) y la lateral. La proyección oblicua resulta útil para evaluar lesiones en la columna lumbar. *(Secretaría de Salud, 2013)*

La proyección AP suele ser suficiente para evaluar lesiones traumáticas de los cuerpos vertebrales y apófisis transversas, así como en los espacios discales intervertebrales. Sin embargo, no proporciona una visualización adecuada de las apófisis espinosas y las carillas articulares. En la proyección lateral, los cuerpos vertebrales se observan de perfil y permite una clara visualización de los platillos vertebrales superiores e inferiores, así como de las fracturas de las apófisis espinosas y las anomalías de los espacios discales, incluyendo L5-S1. Finalmente, la proyección oblicua posteroanterior proporciona una visualización clara de las articulaciones interapofisarias (facetas articulares) y muestra la configuración de los elementos de las vértebras adyacentes, conocida como el "perrito de Lachapelle o perrito Scotty". *(Secretaría de Salud, 2013)*

2.3.4.2. Tomográficos.

La amplia utilización de la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM) en el diagnóstico de afecciones de la columna vertebral ha disminuido la prevalencia del uso de radiografías como la primera opción de imagen en numerosos contextos clínicos. *(Jenkins et al., 2018)*

Es fundamental esclarecer cuándo estas técnicas son apropiadas, ya sea como alternativas a la radiografía o como exámenes complementarios, también comprender qué resultados son previsibles en distintos escenarios clínicos y su relevancia en el diagnóstico de los trastornos vertebrales. El empleo adecuado de la TC y la RM en las patologías de la columna vertebral puede simplificar tanto el diagnóstico como la gestión de estas afecciones. *(Santiago et al., 2022)*

La TC ofrece una precisión superior en la evaluación del grado de lesión en comparación con las radiografías simples. A diferencia de estas últimas, donde aproximadamente el 25 % de las fracturas por estallido pueden ser incorrectamente diagnosticadas como fracturas por compresión estables,

la tomografía axial computarizada permite una certera determinación de la naturaleza y la gravedad de la lesión. La tomografía axial computarizada con reconstrucción sagital y coronal emerge como una herramienta valiosa para la visualización de áreas anatómicas de difícil acceso, como la unión cérvico-torácica, que no pueden ser adecuadamente observadas mediante radiografías simples. *(Singh et al., 2007)*

Se requiere un análisis exhaustivo que abarque una vértebra completa superior y otra inferior a la región fracturada. Las imágenes deben tomarse con un intervalo de 3-5 mm, incluyendo una ventana para la visualización de huesos y tejidos blandos. Además, se recomienda realizar reconstrucciones multi planares para una evaluación completa. *(Patten et al., 2000)*

2.3.4.3. Resonancia magnética.

Es plausible que la tecnología de radiografías simples y tomografía computarizada sea sustituida por métodos de imagen más sofisticados como práctica estándar; sin embargo, es imperativo que se sigan estos mismos principios generales. Esto resulta especialmente pertinente para la resonancia magnética, que está siendo empleada con mayor frecuencia en la evaluación del trauma toracolumbar. *(Oner et al., 2002)*

La resonancia magnética (RM) se ha convertido en la herramienta radiológica para la evaluación de lesiones medulares ya que facilita la visualización de estructuras no óseas en la columna vertebral, proporciona imágenes detalladas que permiten identificar lesiones parenquimatosas en la médula espinal, como edemas, hematomas y rupturas físicas de los componentes neurales. *(Secretaría de Salud, 2013)*

La RM brinda una mejor visualización de la medula espinal y las estructuras ligamentosas: En las imágenes de secuencia T2, una señal de alta intensidad sugiere lesión en la médula espinal y la presencia de edema. Del mismo modo puede revelar la ruptura de los ligamentos.

Los ligamentos longitudinales anterior y posterior son identificables en las imágenes ponderadas en T1 y T2. Es común que resulte más sencillo identificar los ligamentos lesionados que aquellos que están intactos. *(Groves et al., 2005)*

La RM no se considera apropiada para pacientes con inestabilidad hemodinámica, múltiples lesiones traumáticas, fracturas de pelvis tratadas con fijadores externos debido a los artefactos metálicos,

presencia de marcapasos, estimuladores de médula espinal en la columna dorsal, estimuladores del nervio vago u otros implantes mecánicos metálicos. *(Groves et al., 2005).*

Dado que muestra una capacidad excepcional para visualizar la médula ósea, se ha convertido en una herramienta crucial para evaluar la posible causa de los aplastamientos vertebrales. La médula ósea normal exhibe señales distintivas en secuencias ponderadas en T1 y T2, lo que facilita la diferenciación entre procesos benignos y malignos. Además, la resonancia magnética permite un estudio detallado de la columna vertebral en múltiples planos (axial, sagital y coronal), así como la evaluación de la médula espinal y posibles compresiones. Las alteraciones en la intensidad de señal suelen ser transitorias en lesiones benignas debido al edema que disminuye gradualmente, mientras que las afectaciones difusas plantean el diagnóstico diferencial entre lesiones benignas o malignas. Las principales causas de aplastamientos vertebrales incluyen fracturas traumáticas, metástasis, osteoporosis, mieloma múltiple y osteomielitis. *(Domenech Pascual et al., 2000)*

	T1	T2
Fracturas traumáticas		
Agudas	Hipointensa	Hiperintensa
Subagudas	Hipo/Isointensa	Hipo/isointensa
Crónicas	Iso/hiperintensa	Isointensa
Metástasis		
Líticas	Hipointensa	Hiperintensa
Blásticas	Hipointensa	Hipointensa
Osteoporosis (1ª y 2ª)	Hipo/Isointensa	Isointensa
Osteomielitis	Hipointensa	Hiperintensa
Mieloma múltiple		
Difusa	Hipointensa	Iso/hiperintensa
Focal-nodular	Hipointensa	Hiperintensa

Tabla 2. Casusas más frecuentes de aplastamiento vertebral e intensidad de la señal en secuencias T1 y T2 de resonancia magnética

2.3.5. PARÁMETROS DE MEDICIÓN DEL GRADO DE APLASTAMIENTO VERTEBRAL EN FRACTURAS TORACOLUMBARES.

Las mediciones radiográficas son la base para recopilar datos y evaluar resultados, por lo que son fundamentales y establecen el conocimiento para la toma de decisiones clínicas. No obstante, existen limitaciones inherentes a estas mediciones que introducen variabilidad y sesgo no deseados en los datos y su análisis. *(Keynan et al., 2006)*

Se han propuesto nueve parámetros y cálculos complementarios utilizados para evaluar el grado de colapso del cuerpo vertebral:

1. **Altura Vertebral Anterior (AVH):** Distancia vertical medida desde la parte más alta hasta la más baja del cuerpo vertebral en la cara anterior.
2. **Altura Vertebral Media (MVH):** Distancia vertical medida desde la parte más alta hasta la más baja del cuerpo vertebral en su punto medio.
3. **Altura Vertebral Posterior (PVH):** Distancia vertical medida desde la parte más alta hasta la más baja del cuerpo vertebral en la cara posterior.
4. **Ancho del Cuerpo Vertebral (W**): Distancia entre las líneas anterior y posterior del cuerpo vertebral.
5. **Ángulo de Cifosis (KA):** Es el ángulo formado entre las líneas que conectan las caras superiores e inferiores de las vértebras superior e inferior de la región donde se mide la cifosis.
6. **Relación de Compresión Vertebral (VBCR):** Es la relación entre la AVH y la PVH, expresada como un porcentaje.

$$\mathrm{VBCR} = \frac{\mathrm{AVH}}{\mathrm{PVH}} \mathrm{X}\ 100\%$$

7. **Porcentaje de Compresión de la Altura Anterior (PAHC):** Es el porcentaje de compresión de la AVH con respecto al promedio de las alturas vertebrales anteriores de los niveles adyacentes superior e inferior.

$$P\mathrm{AHC} = \frac{\mathrm{AVH}}{[(\mathrm{AVH}´ + \mathrm{AVH}´´)\ /\ 2\ ]} \mathrm{X}\ 100\ \%$$

8. **Porcentaje de Compresión de la Altura Media (PMHC):** Es el porcentaje de compresión de la MVH con respecto al promedio de las alturas vertebrales medias de los niveles adyacentes superior e inferior.

$$PMHC = \frac{MVH}{[(MVH' + MVH'')\ /\ 2\ ]}\ X\ 100\ \%$$

9. **Ángulo Cifótico Calculado (CKA):** Es el ángulo calculado utilizando la fórmula de la tangente inversa de la diferencia entre la PVH y la AVH, dividida por el ancho del cuerpo vertebral.

$$CKA = \tan^{-1}\left[\frac{(PVH - AVH)}{W}\right]$$

10. **Fisura Intravertebral (IVC):** Se define como la presencia de un área de baja densidad reconocible en la TC adyacente a la placa terminal del cuerpo vertebral.

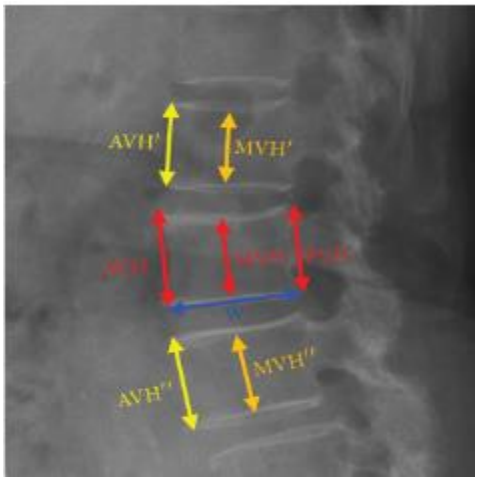


Figura 10. Longitudes características en radiografías simples: AVH (altura vertebral anterior), MVH (altura vertebral media), PVH (altura vertebral posterior) y W (ancho del cuerpo vertebral). **Fuente:** Tomado del artículo: ¨La evaluación de diferentes mediciones radiológicas. Parámetros del grado de colapso del cuerpo vertebral en fracturas por compresión vertebral¨ *(Hsu et al., 2019)*

2.4. LESIONES POR FLEXIÓN DISTRACCIÓN "DE CHANCE" (POR CINTURÓN DE SEGURIDAD)

Se dan por un mecanismo de flexión distracción de la columna posterior y media, la distracción se lleva a cabo de posterior a anterior. Las lesiones pueden ser puramente óseas denominándose fractura de Chance, también pueden ser osteoligamentosas en uno o varios segmentos, o bien por lesión ligamentosa pura (esguince grave). *(Moya Sánchez et al., 2016)*

Se relacionan con lesiones asociadas al cinturón de seguridad debido a su alta relación con accidentes de tráfico, el mecanismo fundamental es la sujeción de la cintura con separación de los elementos superiores al cinturón durante la desaceleración hacia adelante. *(Moya Sánchez et al., 2016)*

2.4.4. Fractura luxación.

Surge por fallo de las tres columnas debido al resultado de las diferentes fuerzas de flexion, rotación, tracción, o cizallamiento anteroposterior o posteroanterior y pueden actuar combinadas o en forma aislada. *(Moya Sánchez et al., 2016)*

Este mecanismo asocia además una rotación y la convierte en la más inestable, a menudo se acompaña de cizallamiento y en consecuencia traslación, en este tipo las lesiones neurológicas son frecuentes. *(Moya Sánchez et al., 2016)*

2.4.4.1. Clasificaciones

Mc Afee (1993).

Dividió las fracturas en seis grupos; fracturas por compresión en cuña, fracturas por estallido estable, fractura por estallido inestable, fractura fortuita, lesión por flexión distracción, y lesión traslacional. En esta clasificación de determino estabilidad en fracturas por estallido, siendo el factor determinante para decidir la estabilidad la integridad de los elementos posteriores. *(Gomleksiz, 2015)*

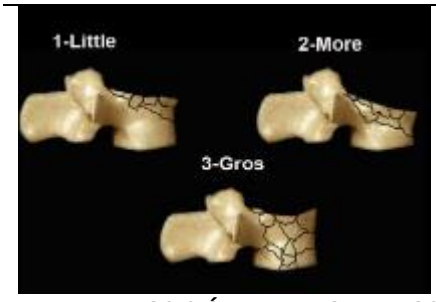
La cifosis mayor a 20°, la perdida de altura de más del 50%, subluxación de las articulaciones facetarias y los fragmentos óseos en la columna vertebral con déficit incompleto; son criterios de inestabilidad por Mc Afee et al. *(Gomleksiz, 2015)*

Ferguson Allen (1984).

Propuso el concepto de elemento por sobre el concepto de columna empleado hasta entonces, su clasificación se basa en los mecanismos del trauma toracolumbar. *(Gomleksiz, 2015)*

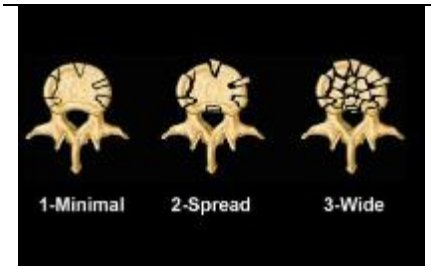
Se basa en la evaluación de la columna anterior teniendo en cuenta las lesiones por compresión del cuerpo vertebral, tomando en cuenta el grado de conminución, separación de los fragmentos, y corrección de la deformidad (Tabla 2).

A. CONMINUCIÓN



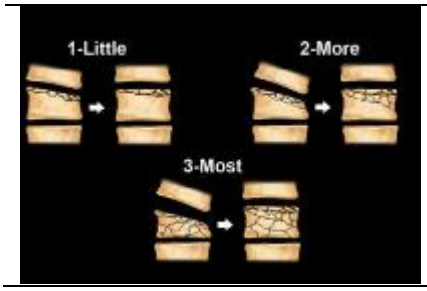
1. **Leve**: menos del 30% de conminución en el plano tomográfico sagital.
2. **Moderada**: del 30% al 60% de conminución.
3. **Severa**: más del 60% de conminución.

B. APOSICIÓN DE FRAGMENTOS



1. **Mínima**: mínimo desplazamiento en plano tomográfico axial.
2. **Expansiva**: al menos 2 mm de desplazamiento menor del 50 % de la sección transversal del cuerpo.
3. **Amplia**: al menos 2 mm de desplazamiento mayor del 50 % de la sección transversal del cuerpo.

C. REDUCTIBILIDAD DE DEFORMACIÓN SAGITAL



1. **Leve**: corrección cifótica menor o igual a 3° en radiografías simples laterales.
2. **Moderada**: corrección cifótica de 4° a 9°.
3. **Severa**: corrección cifótica mayor o igual a 10°.

Tabla 3. Clasificaciones de fracturas vertebrales. **Descripción:** A. diferentes grados de conminución. **Fuente:** Basado del artículo "Fracturas toracolumbares: una revisión de las clasificaciones y métodos quirúrgicos". *(Gomleksiz, 2015)*

Clasificación OA (*Arbeitsgemeinschaft Fur Osteosynthesenfragen*).

Divide las lesiones en tres categorías: Compresión (grupo A), distracción (grupo B), traslación o rotación (grupo C), con hasta nueve subtipos en cada uno basados en la ubicación de la fractura, morfología, rotura ósea o ligamentosa y dirección de desplazamiento. *(Khurana et al., 2013)*

Se basa en una escala progresiva de severidad (A-C) y cada uno de estos se dividen en tres subtipos (A1, A2, A3) que a su vez se divide en tres subgrupos (A1.1, A1.2, A1.3) y estos en tres subdivisiones (A1.1.1, A1.1.2, A1.1.3) dando un resultado de 53 patrones de lesión en total (A1 menos severo – C3 más severo) *(Khurana et al., 2013).*

- **A:** Compresión: Se produce cuando la parte anterior de la columna no logra soportar adecuadamente una fuerza axial que genera el colapso del cuerpo vertebral. Se manifiesta en una lesión aislada con acortamiento de la columna anterior. *(Khurana et al., 2013)*
    - A1: Fracturas por impactación.
    - A2: Fracturas fragmento “Split”.
    - A3: Fractura estallido “burst”.
- **B:** Distracción: En este mecanismo los elementos posteriores no pueden oponerse a una fuerza que los separa o estira. Puede haber compromiso de los ligamentos y otros componentes del sistema de tensión posterior. En la mayoría de los casos, la falla frente a este tipo de fuerzas ocurre en los elementos posteriores.
  Así mismo, las lesiones tipo B pueden combinarse con lesiones tipo A, pero el tipo de lesión se determina siempre por la disrupción de la columna posterior y no por las lesiones del cuerpo vertebral. *(Khurana et al., 2013)*
    - B1: Lesión ligamentaria posterior.
    - B2: Lesión ósea posterior.
    - B3: Lesión de disco intervertebral.
- **C:** Torsión: Ocurre cuando una vértebra rota o gira sobre otra, produciendo un patrón de lesión asociado a fuerzas de rotación y pérdida de alineación.
    - C1: Tipo A con rotación.
    - C2: Tipo B con rotación.
    - C3: Rotacional .

2.4.4.2. Diagnóstico.

Una fractura por compresión vertebral generalmente se manifiesta con un dolor lumbar de inicio repentino, que se intensifica con los cambios de posición, al cargar peso o al estar acostado en

decúbito supino. Más de dos tercios de las fracturas por compresión vertebral se descubren incidentalmente durante estudios de imagen realizados por otras razones. *(Mccarthy & Davis, 2016)*

Los pacientes sin antecedentes de trauma significativo rara vez presentan déficits neurológicos, aunque pueden experimentar una notable discapacidad funcional. *(Alexandru y So, 2012)* Cualquier paciente en riesgo de osteoporosis que presente dolor de espalda o cifosis debe ser evaluado para detectar una fractura por compresión vertebral. Las señales de alerta para una fractura patológica incluyen antecedentes de malignidad, edad avanzada, pérdida de peso y dolor de espalda persistente que no mejora. *(Downie et al., 2013)* Aunque los hallazgos del examen físico suelen ser normales, pueden incluir cifosis y sensibilidad en la línea media de la columna al percutir. *(Green et al., 2004)* Los cambios de posición y la rotación de los pacientes pueden ser referidos como causa de dolor. *(Bravo et al., 2020; Mccarthy & Davis, 2016)*

El cuadro clínico de las fracturas por compresión vertebral incluye dolor lumbar de inicio repentino, incremento del dolor al caminar o estar de pie y movilidad espinal limitada. Las complicaciones asociadas a estas fracturas pueden incluir cifosis, pérdida de altura, y pérdida de movilidad, lo que a su vez puede conducir a úlceras por presión, riesgo de trombosis venosa profunda, neumonía y angustia psicológica. Además, los pacientes pueden experimentar problemas estomacales, disminución del apetito y mala nutrición, problemas respiratorios, dolor crónico, así como estreñimiento y problemas intestinales. *(Alsoof et al., 2022)*

Más de dos tercios de los pacientes son diagnosticados con fracturas de compresión vertebral incidentalmente durante exámenes de radiografía simples, resaltando la importancia de considerar estudios de imágenes después de una evaluación clínica exhaustiva. La presencia de dolor lumbar y la confirmación radiográfica de la fractura indican una condición aguda sintomática, lo que subraya la necesidad de confirmar el diagnóstico y descartar otras causas de dolor de espalda. La mayoría (60-65%) de estas fracturas ocurren entre las vértebras T12 y L2 debido a la diferencia en rigidez entre la columna torácica y lumbar. *(Alsoof et al., 2022)*

Las radiografías simples son típicamente el estudio de imágenes inicial utilizado para investigar una posible fractura de compresión vertebral. Las vistas anteroposterior y lateral de la columna toracolumbar son particularmente importantes. En una radiografía normal, las placas terminales son horizontales, y la forma y el tamaño vertebrales son similares en los niveles adyacentes. Los hallazgos radiográficos comunes asociados con fracturas de compresión vertebral incluyen una deformidad en cuña, una zona lineal de condensación, un defecto escalonado (que representa el

fracaso de la corteza vertebral anterior/superior) y una placa terminal vertebral interrumpida. Debido al dolor y a la medicación narcótica concurrente, también puede ser visible un íleo abdominal. Cualquier pérdida de altura vertebral más del 20% con alteración de la apariencia y presencia de deformidades de las placas terminales debe considerarse una fractura. *(Alsoof et al., 2022)*

En ciertas situaciones, como la detección de cambios óseos sutiles, fracturas no contiguas, presencia de malignidades o la identificación de déficits neurológicos durante la evaluación clínica, puede ser necesario recurrir a la tomografía computarizada o la resonancia magnética. Inicialmente, se opta por un enfoque no quirúrgico en el manejo de los pacientes; sin embargo, si este enfoque no logra aliviar el dolor persistente o evitar complicaciones como la deformidad cifótica, la pseudoartrosis o los déficits neurológicos, se puede considerar la opción de realizar procedimientos de cementación como la vertebroplastia. *(Alsoof et al., 2022)*

2.3. ANTECEDENTES ESPECÍFICOS.

2.3.1. CARACTERISTICAS DEL PERFIL RADIOLÓGICO EN TOMOGRAFÍA ASOCIADAS A INESTABILIDAD VERTEBRAL.

Revisión sistemática.

- **P)**aciente o Problema: **fracturas toraco-lumbares.**
- **(I)**ntervención, estrategia, tratamiento, factor de **(E)**xposición, factor pronóstico, o prueba diagnóstica: **mediciones tomográficas.**
- **(C)**omparación o control (ej: terapia alternativa, placebo) (opcional)
- **(O)**utcome, desenlace o evento: **Inestabilidad.**
- **(T)**iempo en el que se espera ocurra el desenlace(opcional):

Derivado de esta estrategia se genera la siguiente pregunta PICO:

¿Cuáles son las características del perfil radiológico en tomografía asociadas a inestabilidad vertebral en pacientes con fracturas toracolumbares atendidos en la UMAE HTO Puebla?

La búsqueda sistemática se realiza en las bases de datos electrónicas PUBMED y Google Scholar, utilizando tres elementos de la pregunta: (P), (I) y (O) (Tabla 2).

	Palabras clave	Términos alternativos	Términos MESH
P	Fracturas toracolumbares	Spine	Spinal fractures Lumbar vertebrae Thoracic vertebrae Vertebral Body
I/E	Mediciones radiológicas	Radiological meassurement Radiographic meassurement	Diagnostic imaging
O	Inestabilidad	Vertebral instability Spinal instability	Biomechanics Joint Inestability

Tabla 4. Palabras claves (términos MESH) que fueron los elementos de la pregunta PICO, utilizado para la revisión sistemática

Posterior a la selección de términos MESH y a la búsqueda de artículos médicos en las bases de datos electrónica, se procedió a realizar una selección de artículos (Tabla 3). Se eliminaron citas duplicadas y se excluyeron aquellas no relacionadas con la pregunta PICO. Los artículos que fueron seleccionados son los que tuvieron texto completo y que cumplieron con los criterios de selección.

Criterios de inclusión
1. Artículos donde se hable de las mediciones radiográficas para la evaluación de la progresión de la inestabilidad en pacientes con fracturas de columna vertebral.

2. Publicaciones del 2010 a la fecha. 3. Idioma inglés y/o español. 4. Ensayos clínicos, casos y controles, revisiones sistemáticas/metaanálisis, descriptivos retrospectivos/prospectivos, serie de casos y estudios de cohorte.
Criterios de exclusión
1. Artículos donde se evalúe la inestabilidad espinal lumbar, pero no se realicen mediciones radiográficas para evaluar esta 2. Publicaciones anteriores al 2010. 3. Idioma diferente al inglés y/o español.

Tabla 5. Criterios de selección de los artículos de texto completo.

En el proceso de selección se resumen en la siguiente tabla (Tabla XX):

Identificación	Número total de citas identificadas:
	Número de citas identificadas por cada base de datos: • PubMed: • Google Scholar:
Tamizaje	Número de citas duplicadas:
	Número total de citas excluidas basadas en el título y resumen:
	Número total de artículos de texto completo recuperados:
Elegibilidad	Número de artículos de texto completo que se excluyeron:
Inclusión	Número total de artículos incluidos en la revisión:

Tabla 6. Proceso de selección.

Estado del arte.

A manera de resumen de los artículos seleccionados en la revisión sistemática, se establece una redacción del estado del arte. Se pondera cada artículo por tipo de estudio (diseño) y de acuerdo con el nivel de evidencia (NE), basado en la medicina basada en evidencias de Oxford (Tabla), y posteriormente se realiza una redacción detallada de cada artículo.

Tabla XX. Tabla de recolección de datos de los artículos seleccionados.

Primer autor	NE	Año de publicación	Diseño del estudio	Tamaño de muestra	Objetivo del estudio
Wei-En Hsu	II	2019	Retrospectivo descriptivo analítico	18 pacientes	Usar métodos de medición anteriores para evaluar el grado de colapso del cuerpo vertebral, comparar y examinar las diferencias entre varios métodos de medición, así como examinar la correlación entre los parámetros de medición relevantes, y la hendidura intrarvertebral en el cuerpo vertebral.
Sergei Goldstein	II	2019	Estudio retrospectivo, analítico	83 pacientes	Evaluar la sensibilidad de la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM) en el diagnóstico de fracturas por compresión toracolumbares en pacientes pediátricos, así como la utilidad de la RM en su manejo.
Amir Bar	II	2017	Estudio retrospectivo, analítico	3701 pacientes	Desarrollar un método automatizado para detectar fracturas por compresión vertebral mediante tomografías computarizadas (TC),
Julio Urrutia	II	2019	Estudio retrospectivo, analítico	300 pacientes	Determinar la frecuencia de fracturas por compresión vertebral (VCF) en pacientes mayores de 60 años mediante tomografías computarizadas (TC) de tórax, abdomen y pelvis, con el fin de identificar la prevalencia de VCF incidentalmente detectadas en este grupo de pacientes y evaluar la adecuación de su reporte en los informes radiológicos.

Marco muratore	IV	2020	Estudio retrospectivo, analítico	180 pacientes	Determinar los factores pronósticos de la progresión de la fractura vertebral osteoporótica (FVO) tras un tratamiento conservador.
Sung Tan Cho	III	2023	Estudio de cohorte retrospectivo.	nd	Determinar los factores pronósticos para la progresión de la fractura vertebral osteoporótica (FVO) tras un tratamiento conservador.
Said Sadiqi	IV	2016	Estudio prospectivo. Encuesta transversal	279 expertos invitados	Investigar si existen amplias variaciones en las técnicas de medición preferidas por los cirujanos de columna en todo el mundo para evaluar la cifosis traumática por fractura y la pérdida de altura del cuerpo vertebral (VBHL).
Hazel J. Jenkins	II	2018	Revisión sistemática y metaanálisis	La revisión incluyó 33 estudios.	Estimar la frecuencia de uso excesivo y deficiente de imágenes en el manejo del dolor lumbar y cómo se evalúa el uso adecuado de las imágenes
Ruiz Santiago	IV	2022	nd	revisión de literatura existente	Evaluar el valor de la resonancia magnética y la tomografía computarizada en el estudio de los trastornos de la columna vertebral.
César Adán Almendárez-Sánchez	IV	2020	Retrospectivo, descriptivo	147	Evaluar la incidencia y características de las lesiones traumáticas de la médula espinal (TSCI) en México, con un enfoque en la epidemiología, los factores de riesgo, y las complicaciones asociadas, para mejorar las estrategias preventivas y el tratamiento de las TSCI en poblaciones vulnerables
Daniela Alexandru	IV	2012	Revisión	nd	Proporcionar una revisión exhaustiva de las fracturas por compresión vertebral, su prevalencia, causas, diagnóstico y opciones de tratamiento.
Douglas Beall	I	2018	metaanálisis de estudios comparativos prospectivos	25 estudios con al menos 25 pacientes cada uno	Evaluar y comparar la efectividad de la vertebroplastia (VP), la cifoplastia con balón (BKP), la augmentación vertebral con implante (VAI), y el manejo no quirúrgico (NSM) en el

					tratamiento de fracturas por compresión vertebral (VCF).

Wei-En Hsu y colaboradores *(Hsu et al., 2019)* del Hospital General de Veteranos de la provincia de Taichung, Taiwán, llevaron a cabo mediciones radiográficas en pacientes con antecedentes de fractura por compresión de la columna toracolumbar antes de someterse a intervención quirúrgica (vertebroplastia) de un solo nivel, durante el período comprendido entre junio de 2013 y enero de 2015. Excluyendo las imágenes que presentaban una calidad radiográfica preoperatoria deficiente, así como aquellas en las que resultaba difícil realizar mediciones, que mostraban una fractura por compresión en dos o más niveles vertebrales, que revelaban una fractura por compresión vertebral no relacionada con osteoporosis (como tumores óseos, metástasis o infecciones), o que evidenciaban una historia de cirugía previa en la columna o una combinación con otras intervenciones quirúrgicas (tales como instrumentación o fusión). Se recopilaron datos clínicos que incluyeron la edad, el sexo, la estatura, el peso corporal y el nivel vertebral. Estas mediciones se realizaron mediante radiografías simples en proyecciones laterales, centrándose en la altura vertebral anterior (VBHL, por sus siglas en inglés). La diferencia entre las mediciones radiográficas fue evaluada. Los resultados revelaron que la evaluación de la relación de compresión vertebral (VBCR) es un método sencillo y rápido para determinar el colapso vertebral, aunque puede subestimar el grado de pérdida de altura del cuerpo vertebral en comparación con el porcentaje de compresión de altura anterior. Los autores concluyeron que las mediciones de VBCR fueron mayores que las obtenidas mediante el porcentaje de compresión de la altura vertebral anterior. Además, observaron que cuando el porcentaje de compresión media fue inferior al 40%, la probabilidad de observar una hendidura intravertebral fue mayor.

El estudio llevado a cabo por Sergei Goldstein y su equipo *(Goldstein et al., 2016)* tuvo como objetivo investigar los factores clínicos y radiológicos asociados con el colapso progresivo tras fracturas agudas de compresión vertebral osteoporótica. Se identificaron retrospectivamente a 83 pacientes tratados por fracturas toracolumbares en su institución entre enero de 2008 y julio de 2013. Los casos seleccionados fueron evaluados mediante radiografías simples y tomografías computarizadas (TC). Se documentaron las diferencias entre la pérdida de altura inicial y final, así como la cifosis local inicial y final, denominadas diferencia de pérdida de altura y diferencia de ángulo cifótico, respectivamente. También se registró la presencia de fracturas antiguas y fisuras intravertebrales. El estudio incluyó a 153 pacientes, con una edad promedio de 68.9 años y un tiempo medio de seguimiento de 15 meses. El estudio concluyó que, durante un seguimiento mínimo de 3 meses de tratamiento conservador para fracturas agudas de compresión vertebral osteoporótica, la edad y el Sistema de Clasificación de Lesiones de la Columna Toracolumbar de AOSpine fueron factores

predictivos de colapso progresivo. Además, la presencia de fisura intravertebral (IVC) fue significativamente más común en las fracturas de tipo A2 y A4, y se relacionó con un colapso de más del 50%.

Por su parte, Don B. Franklin III y colaboradores, *(Franklin et al., 2019)* llevaron a cabo un estudio retrospectivo para evaluar la sensibilidad de la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM) en el diagnóstico de fracturas por compresión toracolumbares en pacientes pediátricos, así como la utilidad de la RM en su manejo. Para ello, identificaron a 52 pacientes de 0 a 18 años con 191 fracturas torácicas y/o lumbares por compresión que habían sido sometidos tanto a TC como a RM durante la evaluación inicial del trauma. La decisión de realizar estos estudios fue tomada por el cirujano de columna pediátrica a cargo. Todos los estudios de imagen fueron revisados por un radiólogo pediátrico certificado y un cirujano de columna pediátrica. Los resultados del estudio revelaron que la tomografía computarizada (TC) demostró una alta sensibilidad en la detección de fracturas por compresión toracolumbares en pacientes pediátricos, superando en este aspecto a la resonancia magnética (RM). Aunque la RM identificó algunos niveles adicionales de fractura, también mostró una menor concordancia con la TC en la evaluación del número exacto de niveles fracturados. Sin embargo, esta variabilidad entre las dos modalidades de imagen no afectó el tratamiento ni el resultado final de los pacientes. Por lo tanto, sugieren considerar cuidadosamente la necesidad de una RM adicional, teniendo en cuenta los costos adicionales, el tiempo requerido y los posibles riesgos asociados con la sedación, especialmente en pacientes pediátricos.

Amir Bar y colaboradores *(Bar et al., 2017)* desarrollaron un método automatizado para detectar fracturas por compresión vertebral mediante tomografías computarizadas (TC), que consta de tres procesos: segmentación de la columna vertebral, clasificación binaria de parches sagitales con una Red Neuronal Convolucional (CNN) y predicción de fracturas con una Red Neuronal Recurrente (RNN). El estudio incluyó 3701 individuos mayores de 50 años, de los cuales 2681 (72%) fueron negativos y 1020 (28%) positivos para fracturas por compresión vertebral (VCF). Para evitar sesgos, se creó un subconjunto más equilibrado de 1673 estudios de TC, equilibrando edad y sexo. El entrenamiento de la CNN durante 15 épocas alcanzó una precisión del 92.9% en el conjunto de validación, y la RNN logró una precisión del 89.1%, con una sensibilidad del 83.9% y una especificidad del 93.8%. Se concluyó que las VCF son hallazgos clínicamente importantes, pero a menudo pasan desapercibidas por los radiólogos, con solo el 13%-16% reportadas durante la interpretación de los estudios de TC. La investigación presenta un algoritmo robusto que puede aumentar la sensibilidad

diagnóstica para las VCF en TC rutinarias, lo que potencialmente podría desencadenar medidas preventivas para reducir la tasa de futuras fracturas de cadera.

Julio Urrutia y colaboradores *(Urrutia et al., 2019)* realizaron un estudio para determinar la frecuencia de fracturas por compresión vertebral (VCF) en pacientes mayores de 60 años mediante tomografías computarizadas (TC) de tórax, abdomen y pelvis, que permiten visualizar toda la columna toracolumbar. Evaluaron a 300 pacientes usando reformateos sagitales y clasificaron las VCF según los criterios de Genant en leves, moderadas y severas. Encontraron que el 14.33% de los pacientes tenía al menos una VCF, con un total de 84 fracturas. Se observó que los pacientes con VCF eran mayores y que no había diferencias significativas entre hombres y mujeres en la prevalencia de VCF. Sin embargo, solo el 32.56% de las VCF identificadas estaban mencionadas en los informes radiológicos. Concluyeron que una proporción significativa de pacientes mayores de 60 años presenta VCF incidentalmente en TC de rutina, y destacaron la necesidad de mejorar la notificación de estas fracturas por parte de radiólogos y clínicos.

Muratore *et al.* (2020) identificaron hallazgos clínicos, radiográficos y de resonancia magnética potencialmente relacionados con el fracaso del tratamiento conservador de las FVO. Las principales mediciones de resultados fueron el colapso vertebral, los tipos de formas de fractura y la progresión del colapso vertebral. Al momento de la inscripción, se examinó a los pacientes mediante una radiografía simple del segmento doloroso de la columna en dos proyecciones: latero-lateral y antero-posterior. Los investigadores evaluaron el colapso vertebral calculando la altura de la vértebra fracturada en el punto de mayor pérdida y dividiéndola por la altura media de las vértebras adyacentes en imágenes radiográficas laterales. La progresión del colapso vertebral se determinó restando el colapso vertebral inicial del colapso observado en el seguimiento y dividiendo el resultado por el colapso inicial, expresando esta variación como un porcentaje. Un valor de progresión del colapso vertebral superior al 100% se tomó como una variable independiente para resaltar cualquier diferencia estadísticamente significativa entre los factores de riesgo considerados. Los resultados mostraron que las fracturas en la unión toraco-lumbar presentaron un mayor riesgo de progresión del colapso vertebral, así como las fracturas de tipo hinchado y en forma de arco y la presencia de un área negra lineal en la resonancia magnética, son factores pronósticos negativos para el fracaso del tratamiento conservador. *(Muratore et al., 2020)*

En el estudio de Cho *et al.* (2023), el objetivo fue determinar los factores pronósticos de la progresión de la fractura vertebral osteoporótica (FVO) tras un tratamiento conservador. Los

investigadores dividieron a los pacientes en grupos con colapso progresivo (PC) y sin colapso progresivo (no PC) basándose en una tasa de compresión del 15%. Evaluaron los datos clínicos, el sitio de la fractura, la forma de la FVO, el ángulo de Cobb y el ángulo de cuña anterior de la vértebra fracturada. Además, analizaron la presencia de hendidura intravertebral y el tipo de cambio de señal de la médula ósea mediante resonancia magnética. Utilizaron análisis de regresión logística multivariante para identificar factores pronósticos y aplicaron métodos de aprendizaje automático, como modelos de árbol de decisión y bosque aleatorio. Encontraron que la forma de la fractura y el cambio de señal de la médula ósea fueron significativamente diferentes entre los grupos. La forma vertebral en el momento del diagnóstico inicial y el patrón de edema óseo en la resonancia magnética fueron identificados como predictores principales del colapso vertebral progresivo mediante el aprendizaje automático. *(Cho et al., 2023)*

Sadiqi *et al.,* (2017) realizaron un estudio para investigar las variaciones en las técnicas de medición utilizadas por los cirujanos de columna en todo el mundo para evaluar la cifosis traumática por fractura y la pérdida de altura del cuerpo vertebral (VBHL). Llevaron a cabo una encuesta en línea en dos momentos diferentes, una enfocada en la columna torácica, toracolumbar y lumbar, y otra en la columna cervical subaxial, preguntando a los participantes sobre las técnicas de medición utilizadas. De los 279 expertos invitados, 107 participaron en la primera encuesta y 108 en la segunda. Para medir la VBHL, la mayoría de los expertos utilizó la ratio de compresión del cuerpo vertebral (VBCR), calculado como la proporción de la altura vertebral anterior respecto a la altura vertebral posterior. Se observaron diferencias considerables en las técnicas de medición entre las regiones del mundo, pero menos diferencias entre cirujanos con diferentes grados de experiencia. Este estudio destacó la importancia de estandarizar los parámetros de evaluación en el cuidado del traumatismo espinal. *(Sadiqi et al., 2017)*

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Las fracturas toracolumbares (FTL) tienen una alta incidencia con consecuencias graves y repercusión en la calidad de vida de los pacientes, por lo cual representan una condición clínica significativa. Estas lesiones pueden dar lugar a complicaciones neurológicas severas a causa de la inestabilidad de la columna vertebral, con una considerable morbilidad asociada. La incidencia de fracturas toracolumbares en los pacientes con lesiones traumáticas de la médula espinal es notablemente alta. En un estudio realizado en México se reportó que la mayoría de las lesiones involucraron la columna torácica (40.13% de los casos), seguida por la columna lumbar (30.61% de los casos *(Almendárez-Sánchez et al., 2020).*

Las fracturas por compresión vertebral (FCV) son relativamente frecuentes, afectando a aproximadamente 1.5 millones de adultos en la población de EE. UU. cada año. *(Alexandru & So, 2012)* Además, las FCV constituyen la secuela más común de la osteoporosis. En los pacientes más jóvenes, el 50% de las FCV se originan por colisiones de vehículos motorizados y otro 25% por caídas. *(Donnally & Varacallo, 2018)*. La incidencia anual de FCV es del 10.7% en mujeres y del 5.7% en hombres. *(Alexandru & So, 2012)* Asimismo, la prevalencia de FCV en personas de 80 años o más es aproximadamente del 30%, mientras que en personas menores de 80 años es del 5-10%. *(Beall et al., 2018)*

La ocurrencia de una segunda fractura es común, con un 20% de los pacientes experimentando una nueva fractura vertebral por compresión (FCV) dentro de un año de la primera. Además, los pacientes con FCV tienen una mayor probabilidad de desarrollar otras fracturas osteoporóticas significativas, como las fracturas de cadera. Aunque dos tercios de los pacientes responden adecuadamente al manejo conservador y la analgesia, el tercio restante suele necesitar una intervención más compleja. Debido a las numerosas comorbilidades y el deterioro progresivo del estado de salud, las FCV están asociadas con una alta morbilidad y mortalidad, lo que resulta en un costo médico anual estimado de $13.8 mil millones solo en Estados Unidos. El costo económico total real probablemente sea mucho mayor. Además, la significativa morbilidad a largo plazo y los elevados requerimientos de servicios de atención primaria están asociados con una tasa de mortalidad un 15% más alta. *(Wong & McGirt, 2013)*

Los grados de colapso del cuerpo vertebral pueden afectar la dirección del tratamiento. La pérdida de altura del cuerpo vertebral puede aumentar la inestabilidad y el ángulo cifótico afecta la

alineación sagital, se ha demostrado que un valor mayor de 15°- 30° o una pérdida de altura de más del 50% causa inestabilidad del cuerpo vertebral y con ello la necesidad de tratamientos invasivos *(Hsu et al., 2019).*

El enfoque del problema reside en la variabilidad de los métodos de medición empleados para valorar el grado de colapso vertebral en individuos con fracturas toracolumbares. Diversos investigadores han aplicado múltiples enfoques, tales como la relación de compresión del cuerpo vertebral (VBCR) que utiliza la altura de la pared posterior como punto de referencia, o el porcentaje de compresión de la altura anterior (PAHC), que toma como referencia la altura promedio de segmentos adyacentes a una vértebra sana *(Hsu et al., 2019).* Esta disparidad en los métodos de medición y la falta de análisis sobre sus divergencias y limitaciones generan incertidumbre en la evaluación de las fracturas toracolumbares.

Por lo tanto, nos realizamos las siguientes **preguntas de investigación**:

¿Cuáles son los parámetros de medición más efectivos para evaluar la inestabilidad vertebral en pacientes con fracturas toracolumbares en la UMAE HTO Puebla?

¿Cuál es el perfil radiológico predominante en las fracturas toracolumbares con inestabilidad anterior en la UMAE HTYO Puebla?

4. JUSTIFICACIÓN.

La evaluación precisa del colapso vertebral es esencial para guiar el tratamiento y pronosticar los resultados a largo plazo.

Mediante una evaluación radiológica sistemática, es posible mejorar las estrategias terapéuticas al identificar patrones de colapso y factores que influyen en la recuperación o el deterioro. Por ello, consideramos esencial entender la evaluación radiológica para valorar con precisión el colapso vertebral y su influencia en la inestabilidad de la columna. Una evaluación exacta antes de escoger el tratamiento puede mejorar la atención y prevenir complicaciones que afecten la calidad de vida de los pacientes, como dolor crónico, deformidad y discapacidad. Asimismo, conocer el perfil radiológico característico de las fracturas vertebrales inestables y los parámetros que lo determinan podría integrar estas valoraciones al arsenal diagnóstico y ser parte de los protocolos de manejo y políticas sanitarias de atención.

La UMAE es un hospital de referencia de tercer nivel para la atención de padecimientos musculoesqueléticos, tanto traumáticos, crónicos-degenerativos y congénitos del centro y sur del país. Cuenta con un amplio número de pacientes con fracturas toracolumbares que han sido tratados de forma conservadora y quirúrgica. Además, existe disponibilidad de registros médicos y radiológicos, con un resguardo de cinco años a la fecha, lo que permite obtener una muestra representativa y facilita el acceso a la información para el análisis de los parámetros de medición que determinan el perfil radiológico de las fracturas.

Se espera que los resultados obtenidos a partir de este estudio puedan proporcionar información de utilidad para mejorar la evaluación y el manejo de fracturas toracolumbares en pacientes tratados de forma conservadora y quirúrgica en la UMAE HTO Puebla.

5. OBJETIVOS.

5.3. OBJETIVO GENERAL.

Analizar los parámetros de medición para evaluar la inestabilidad vertebral (IV) y el perfil radiológico en pacientes con fracturas toracolumbares (FTL) de la UMAE HTO Puebla

5.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Describir las variables demográficas de los pacientes con FTL.
- Describir la localización de las FTL.
- Mencionar el número de niveles fracturados.
- Describir las características radiológicas de las FTL.
- Evaluar radiológicamente la IV de las FTL.
- Describir el tipo de FTL que más se asocia con IV.
- Analizar el tipo de medición mediante la cual se determina mejor la FIV.

6. HIPÓTESIS.

6.3. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN (H_1):

Las fracturas por compresión son el tipo más frecuente de fractura toracolumbar y son biomecánicamente estables.

6.4. HIPÓTESIS NULA (H_0):

No existe diferencia significativa entre los tipos de fractura toracolumbar respecto a su frecuencia ni a su asociación con inestabilidad vertebral**.**

6.5. HIPÓTESIS ALTERNATIVAS(H_a):

H_{a1}: Las fracturas por distracción muestran una mayor probabilidad de inestabilidad vertebral en comparación con otros tipos de fracturas toracolumbares.

7. MATERIAL Y METODOS.

7.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

Por su nivel: **Predictivo.**

Por la maniobra del investigador: **No experimental (Observacional).**

Por su análisis: **Analítico.**

Por tipo de investigación: **Transversal (Cross-sectional)**

Por el número de evaluaciones en el tiempo: **Transversal.**

Por su población: **Homodémico**.

Por su temporalidad: **Retrospectivo**.

7.2. UNIVERSO DE TRABAJO.

7.2.1. Población fuente: Pacientes con padecimientos musculoesqueléticos traumáticos.

7.2.2. Población elegible: Pacientes con fracturas toracolumbares (FTL).

7.3. UBICACIÓN TEMPOROESPACIAL.

7.3.1. Lugar: Servicio de imagenología y radiodiagnóstico, todos los turnos, localizado en el primer piso de la Unidad Médica de Alta Especialidad (UMAE) Hospital de Traumatología y Ortopedia "Manuel Ávila Camacho", perteneciente al Instituto Mexicano del Seguro Social, con domicilio: Diagonal Defensores de la República SN esquina avenida 6 poniente, colonia Amor, Puebla de Zaragoza, Puebla, México. CP 72810. Teléfono 222 231 8410, Ext. ..

7.3.2. Periodo a realizarse el estudio: doce meses posteriores a su autorización del protocolo de investigación.

7.4. MUESTRA.

7.4.1. Técnica de muestreo: No probabilístico a criterio del investigador.

7.4.2. Muestra. fueron incluidos todos los pacientes con diagnóstico de fractura de la columna toracolumbar atendidos en la UMAE HTO Puebla atendidos del 01 de enero del 2020 al 31 diciembre del 2024.

7.5. CRITERIOS DE SELECCIÓN.

7.5.1. Criterios de inclusión.

- Pacientes con diagnóstico clínico de FTL por causa traumática atendidos en la UMAE.
- FTL de un solo nivel.
- Edad mayor a 18 años
- Ambos sexos.
- Atendidos en el periodo del 01 de enero del 2020 al 31 diciembre del 2024.
- Que cuenten con TAC y que esta se haya realizado en esta unidad, además de que sea visible en el sistema electrónico de estudios radiológicos.
- Con expediente clínico completo.

7.5.2. Criterios de exclusión.

- Pacientes con FTL por causa no traumática.
- FTL de múltiples niveles.
- Atendidos antes de enero del 2020 o después de diciembre del 2024.
- Menores de 18 años.
- Que no cuenten con TAC realizada en esta unidad o que no se pueda visualizar en el sistema electrónico de estudios radiológicos.
- Que no cuenten con expediente clínico.

7.5.3. Criterios de eliminación.

- Pacientes con estudios incompletos en el expediente electrónico de Imagenología.
- Expedientes de pacientes con imágenes con mala calidad tomografica, que muestren una cirugía previa.

7.6. VARIABLES.

7.6.1. Definición de variables.

- **Variable dependiente:** fracturas toracolumbares
- **Variable independiente:** inestabilidad vertebral y perfil radiológico
- **Variables demográficas:** edad sexo peso talla imc

7.6.2. Operacionalización de variables.

Tipo de fracturas toracolumbares (FTL).

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE Y ESCALA	UNIDAD DE MEDICIÓN
Tipo de fractura	Una fractura es la ruptura parcial o total de un hueso	Descripción del tipo de fractura de la columna vertebral según la naturaleza de la fractura.	Cualitativa Nominal Politómica	Fractura de compresión Fractura por estallido. Fractura por flexión-distracción
Fisura intravertebral (IVC)	Hendidura o separación patológica dentro del cuerpo vertebral.	Afirmación o negación de la presencia IVC visualizadas en la TAC de los pacientes con FTL	Cualitativa Nominal Dicotómica	Si No
Nivel de la fractura toracolumbar	Nivel específico en la columna toracolumbar donde se ha producido una fractura.	Localización del nivel de la FTL en la TAC de los pacientes.	Cualitativa Nominal Politómica	1.L1, 2.L2, 3.L3, 4.L4, 5.L5, 6.T1, 7.T2, 8.T3, 9.T4, 10.T5 11.T6, 12.T7, 13.T8, 14.T9, 15.T10, 16. T11, 17. T12.
Numero de niveles afectados	Cantidad de niveles vertebrales que han sido afectados por fracturas o lesiones.	Cantidad de niveles afectados en las FTL visualizadas en la TAC	Cuantitativa Discreta	Número de niveles afectados de la FTL

Perfil radiológico de las FTL.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE Y ESCALA	UNIDAD DE MEDICIÓN
Altura Vertebral Anterior (AVA)	Es la medida vertical desde la parte superior a la inferior del cuerpo vertebral en la región anterior de la columna	Medición de la AVA estipulada en mm en la TAC de los pacientes con FTL	Cuantitativa continua	Milímetros (mm)

	vertebral, medición para evaluar el grado de colapso del cuerpo vertebral.			
Altura Vertebral Media (AVM)	Es la distancia vertical medida desde la parte más alta hasta la más baja del cuerpo vertebral en su punto medio.	Medición de la AVM, estipulada en mm, en la TAC de todos los pacientes con FTL	Cuantitativa continua	Milímetros (mm)
Altura Vertebral Posterior (AVP)	Es la distancia vertical medida desde la parte más alta hasta la más baja del cuerpo vertebral en la cara posterior.	Medición de AVP, estipulada en mm, en la TAC de todos los pacientes con FTL.	Cuantitativa continua	Milímetros (mm)
Ancho del Cuerpo Vertebral (ACV)	Es la medición de la distancia entre las líneas anterior y posterior del cuerpo vertebral.	Medición de ACV, estipulada en mm, en la TAC de todos los pacientes con FTL.	Cuantitativa continua	Milímetros (mm)
Ángulo de Cifosis	Ángulo formado entre las líneas que conectan las caras superiores e inferiores de las vértebras superior e inferior de la región donde se mide la cifosis.	Medición del ángulo de cifosis, estipulada en grados, en la TAC de todos los pacientes con FTL.	Cuantitativa continua	Grados.
Relación de Compresión Vertebral (RCV)	Relación entre la AVH y la PVH, expresada como un porcentaje.	Medición de la RCV, estipulada en porcentaje, en la TAC de todos los pacientes con FTL.	Cuantitativa continua	Porcentaje (%)

Inestabilidad radiológica de las fracturas toracolumbares

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE Y ESCALA	UNIDAD DE MEDICIÓN
Porcentaje de pérdida de altura vertebral (%AV)	Reducción en la altura de un cuerpo vertebral en comparación con su altura original, expresada como un porcentaje.	Estimación del %AV en las FTL visualizadas en la TAC.	Cuantitativa continua	Porcentaje (%)
Porcentaje de Compresión de la Altura Anterior (%CAA)	Porcentaje de compresión de la AVH con respecto al promedio de las alturas vertebrales anteriores de los niveles adyacentes superior e inferior	Estimación del %CAA, en las FTL visualizadas en la TAC.	Cuantitativa continua	Porcentaje (%)
Porcentaje de Compresión de la Altura Media (%CAM)	Porcentaje de compresión de la MVH con respecto al promedio de las alturas vertebrales medias de los niveles adyacentes superior e inferior.	Estimación del %CAM, en las FTL visualizadas en la TAC.	Cuantitativa continua	Porcentaje (%)
Ángulo Cifótico Calculado (ACc)	Ángulo calculado utilizando la fórmula de la tangente inversa de la diferencia entre la PVH y la AVH, dividida por el ancho del cuerpo vertebral.	Medición del ACc, en las FTL visualizadas en la TAC.	Cuantitativa continua	Grados

Variables demográficas de las fracturas toracolumbares

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE Y ESCALA	UNIDAD DE MEDICIÓN
Edad	Número de años transcurridos desde el nacimiento de una persona hasta el momento presente.	Edad del paciente con FTL estipulada en el expediente clínico	Cuantitativa Discreta	años
Sexo	Características biológicas y fisiológicas que definen a hombres y mujeres.	Sexo del paciente con FTL estipulada en el expediente clínico	Cualitativa Nominal Dicotómica	Femenino. Masculino
Altura	Medida de la distancia desde la base de los pies hasta la parte superior de la cabeza de una persona.	Altura del paciente, estipulada en metros, en los pacientes con FTL descrita en el expediente clínico	Cuantitativa Continua	Metros (m)
Peso	Medida de la masa corporal de una persona.	Peso del paciente, estipulada en kilogramos, en los pacientes con FTL descrita en el expediente clínico	Cuantitativa Continua	Kilogramos (Kg)
Índice de Masa Corporal (IMC).	Medida utilizada para evaluar si una persona tiene un peso saludable en relación con su altura. Se calcula dividiendo el peso de la persona en kilogramos por el cuadrado de su altura en metros. Considerándose: Bajo peso <18,5, normal=18,5-22,9 y sobrepeso ≥23	Estimación del IMC en los pacientes con FTL descrita en el expediente clínico	Cuantitativa Continua	kg/m^2

7.7. MÉTODO.

7.7.1. Procedimiento.

1. Antes de iniciar la investigación, se sometió el presente protocolo de investigación a evaluación y revisión por parte de los comités de investigación en salud (CLIS) y ética en investigación en salud (CEI), con el fin de obtener un número de registro institucional que avale la autorización e inicio de la investigación. Esto se realizó mediante el registro electrónico en la plataforma SIRELCIS.
2. Una vez autorizada la investigación, se procedió con el proceso de reclutamiento. Se revisarán los registros de estudios tomográficos realizados en el servicio de imagenología y radiología diagnóstica de la unidad. En una lista se anotó el nombre y el número de seguridad social, para obtener un censo de posibles pacientes a revisar estudios. Esta misma lista se integró en un oficio dirigido al jefe o encargado del archivo clínico para solicitar el préstamo y la consulta en sala de los expedientes clínicos físicos.
3. Se revisaron todas las TAC realizadas en el periodo de enero 2020 a diciembre de 2024, en el sistema digital de visualización PACS del hospital. Se revisaron todos los planos, para determinar el tipo de fractura, nivel de la fractura y el número de niveles afectados, y la presencia o no de fisura intravertebral.
4. Inmediatamente después se realizaron las mediciones de la altura vertebral anterior (AVA), altura Vertebral Media (AVM), altura vertebral posterior (AVP), ancho del cuerpo vertebral (ACV), ángulo de cifosis y relación de compresión vertebral (RCV), ancho vertebral (A), ángulo de cifosis (AC).
5. Una vez realizadas las mediciones anteriores y determinado el perfil radiológico de la FTL, se procedió a estimar el porcentaje de pérdida de altura vertebral (%AV), porcentaje de compresión de la altura anterior (%CAA), porcentaje de compresión de la altura media (%CAM) y el ángulo cifótico calculado (ACc).
6. Después se revisaron los expedientes clínicos para la obtención de las variables edad, sexo, peso, talla e IMC.
7. Una vez completada la muestra y la extracción de variables, se procedió a realizar el análisis estadístico correspondiente y la redacción del reporte final.

7.7.2. Recolección de la información.

La información obtenida de los pacientes y de los expedientes clínicos se anotó en las hojas de recolección de información (Anexo 2) y luego se recogieron en una base de datos, la cual se configuró para exportación a un programa estadístico.

Control de calidad de la información: Se verificó la calidad de la información vertida en las hojas de recolección de datos de manera mensual, trimestral y semestral por parte del asesor metodológico y codirector de tesis, como parte de la actividad de la supervisión del trabajo de campo.

A cada hoja de recolección de datos se le asignó un número de folio; este consistió en un número progresivo con el cual se identificó a cada paciente incluido en el análisis. En la base de datos se identificó a cada paciente solo con número de folio, evitándose el nombre y número de seguridad social para su identificación

7.7.3. Maniobras para evitar y controlar sesgos.

Control de sesgos de información:

Se realizó una revisión sistemática de la literatura de la medicina basada en evidencia y de fuentes de información confiables.

El formato para la recolección de los datos fue sometido a una revisión por los asesores de la investigación para verificar su correcta estructura y la precisión de datos.

Control de sesgos de selección:

Se eligió a la población a estudiar con base en criterios de inclusión, exclusión y eliminación.

Control de sesgos de análisis:

Para minimizar errores en el proceso de captura de información, se verificaron los datos recabados.

Los resultados se analizaron mediante un programa estadístico computacional validado, que además de realizar las estadísticas, sirvió para la elaboración de tablas y gráficos. Una vez capturadas las variables, no se manipularon los resultados.

Prueba piloto:

Se utilizó para evaluar el fenómeno a estudiar una lista de cotejo, la cual fue aprobada por

los asesores del proyecto, por lo que no se utilizó prueba piloto.

7.7.4. Análisis estadístico.

Como se ha mencionado previamente, se utilizó para la realización del análisis estadístico un programa computacional validado como lo es IBM SPSS, el cual fue la versión de prueba para estudiantes con un permiso de 30 días. Esto se realizó cuando se llevó a cabo el análisis, con el fin de evitarse problemas con la licencia del producto.

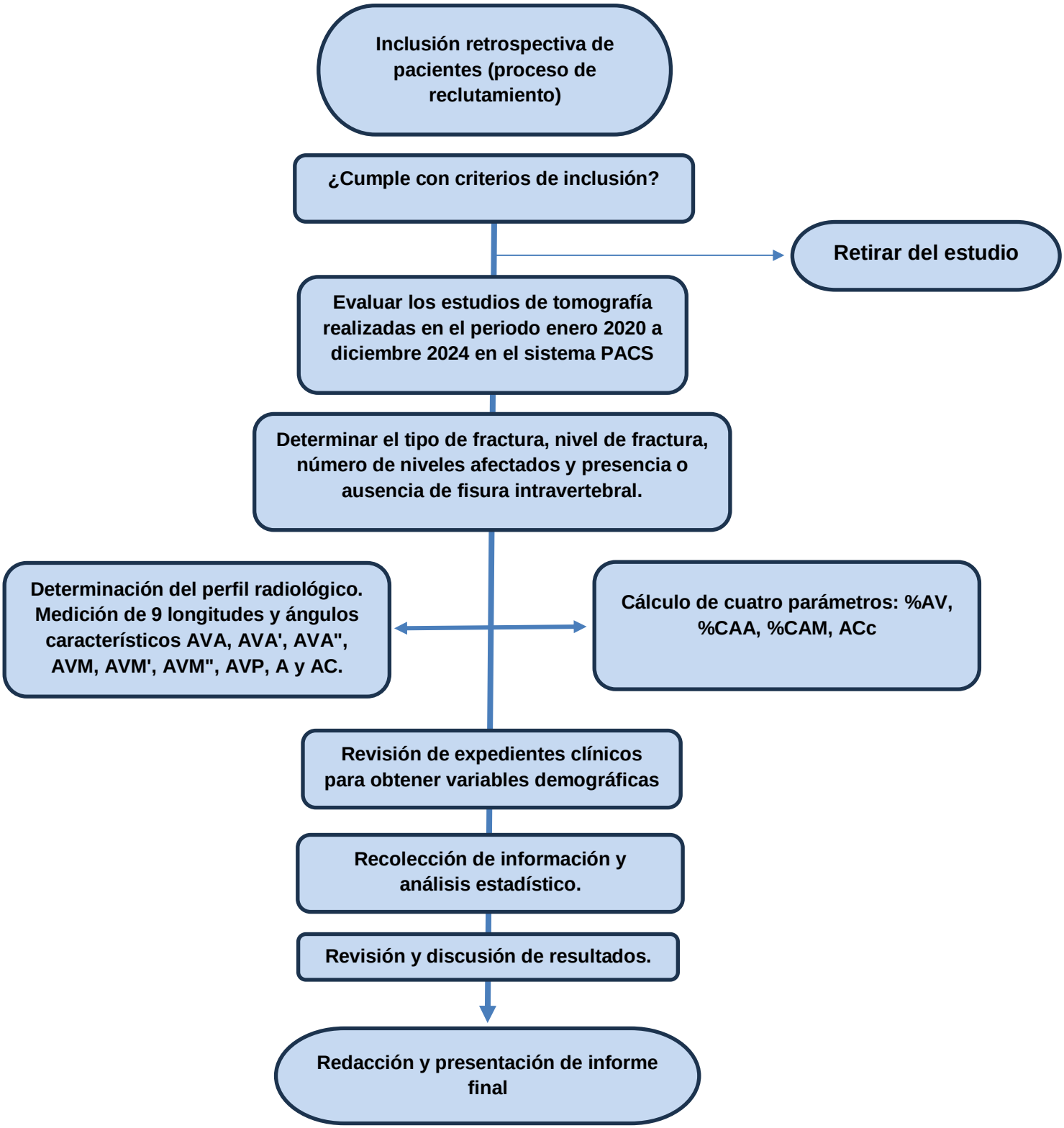
Inicialmente se realizó un análisis univariado que consistió en describir las variables cualitativas como frecuencias y porcentajes. Para las variables cuantitativas se determinaron medias y medianas, así como sus medidas de dispersión: desviación estándar de la media y rangos intercuartiles de la mediana. Además, se determinaron los valores máximos y mínimos de cada variable numérica.

Antes de realizar el análisis bivariado, se realizó una determinación de la distribución de la muestra, mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov ($N>50$) y Shapiro-Wilki ($N<50$).

Posteriormente se realizaron asociaciones. Se comparó el tipo de fractura visualizada en las TAC comparando cada una de las mediciones radiológicas y estimaciones de la inestabilidad vertebral. Esto se realizó con las pruebas de t-Student ó U-Mann-Whitney.

El valor que se tomó como estadísticamente significativo fue $P<0.05$.

7.7.5. Mapa procedimental.



7.8. Recursos e infraestructura.

7.8.1. Recursos humanos.

Dra. Santa Portillo Gutiérrez	*Investigadora principal.* Será la encargada de la dirección de la investigación y realizará la supervisión de campo. También contribuirá en el análisis de los resultados y en la redacción de la discusión y conclusiones.
Dr. Jorge Quiroz Williams	*Tutor de tesis*. Será el encargado de la codirección de la investigación, además de fungir como asesor metodológico y estadístico. Contribuirá en el análisis estadístico de los resultados, asesoría y tutoría metodológica. Además, será el encargado de publicar los resultados en alguna revista médica científica arbitrada de preferencia indexada.
Dr. Carlos Leonel Rodríguez Palacios	*Investigador asociado y asesor experto.* Se encargará de la supervisión de trabajo de campo. Ha contribuido a la consolidación de la idea de investigación y contribuirá en la asesoría en la redacción final del reporte final.
Dra. Estefanía Godínez Barriga	*Tesista.* Será el encargado de la búsqueda de la información, redacción de los antecedentes y del protocolo de investigación, realización de las pruebas de campo, recopilación de información, así como también contribuirá en el análisis de los resultados. Colaborará en la redacción de los resultados, discusión y conclusiones que serán plasmados en un documento final, el cual le servirá como tesis para la obtención de grado académico de la especialidad que está cursando. También será el encargado de presentar los resultados de la investigación como trabajo libre en algún foro o congreso de la especialidad antes de enviar el presente trabajo a publicación.

7.8.2. Recursos materiales.

- Hojas blancas para impresión de las hojas de recolección de datos.
- Plumas.
- Impresora de la Dirección de Educación e Investigación en Salud.
- Laptops personales.
- Computadora de la División de Investigación en Salud.
- Recopilador de hojas.
- Programas computacionales Microsoft Office e IBM SPSS.

7.8.3. Recursos financieros.

El presente estudio no requiere de financiamiento externo, ya que se utilizarán recursos del instituto y del hospital. En caso de ser necesario, serán cubiertos por el grupo de investigación.

8. CONSIDERACIONES ÉTICAS.

La presente investigación se encontrará avalada por el Comité de Ética en Investigación en Salud la Unidad Médica de Alta Especialidad (UMAE) Hospital de Traumatología y Ortopedia "Manuel Ávila Camacho". Se realizará en población mexicana derechohabiente del instituto y población adscrita a esta UMAE.

Este protocolo de investigación se adhiere a lo establecido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su artículo 4to publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 de abril de 1990; se apega a las Normas Oficiales Mexicanas publicadas en el Diario Oficial de la Federación, donde se establecen lineamientos para contar con autorización de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), en la cual se asegura la protección de la dignidad, derechos humanos y el bienestar de los participantes en el estudio. Esta investigación se apega a la Ley General de Salud y la Normatividad del Instituto Mexicano de Seguro Social:

1. **Artículo 3**, donde indica en los términos de esta ley en materia de salubridad general:
    a. La organización, control y vigilancia de la prestación de servicios y de establecimientos de salud a los que se refiere el **artículo 34 fracciones I, II, IV,** de esta ley;
    b. **VII.** La organización, coordinación y vigilancia del ejercicio de las actividades profesionales, técnicas y auxiliares para la salud.
    c. **IX.** La coordinación de la investigación para la salud y el control de ésta en los seres humanos
2. **Artículo 100**, donde indica que la investigación en seres humanos se desarrollará conforme a las siguientes condiciones:
    a. **I.** Deberá adaptarse a los principios científicos y éticos que justifican la investigación médica, especialmente en lo que se refiere a su posible contribución a la solución de problemas de salud y al desarrollo de nuevos campos de la ciencia médica;
    b. **III.** Podrá efectuarse sólo cuando exista una razonable seguridad de que no expone a riesgos ni daños innecesarios al sujeto en experimentación;
    c. **IV.** Se deberá contar con el consentimiento informado por escrito del sujeto en quien se realizará la investigación, o de su representante legal en caso de incapacidad legal de aquél, una vez enterado de los objetivos de la experimentación y de las posibles consecuencias positivas o negativas para su salud;

d. **V.** Solo podrá realizarse por profesionales de la salud en instituciones médicas que actúen bajo la vigilancia de las autoridades sanitarias competentes;
e. **VI**. El profesional responsable suspenderá la investigación en cualquier momento, si sobreviene el riesgo de lesiones graves, discapacidad, muerte del sujeto en quien se realice la investigación;

3. **Artículo 238**, donde se menciona que, solamente para fines de investigación científica, los resultados serán publicados siempre y cuando las autoridades competentes estén de acuerdo y lo soliciten.

Factibilidad: el estudio que se presentará es factible ya que se cuenta con la infraestructura y el permiso de las autoridades de la UMAE y al ser una investigación de fuentes indirectas, y técnicas de investigación documental, se considera de bajo riesgo para los participantes.

Estudio en población vulnerable: en el presente protocolo participaran población adulta mayor de 18 años, por lo que posiblemente se incluyan a pacientes adultos mayores (>60 años), considerados a estos últimos como población vulnerable.

Riesgo de la investigación: de acuerdo con el reglamento de la ley general de salud en materia de investigación para la salud, **Titulo II. Capítulo I. Artículo 17,** el estudio se considera sin riesgo ya que es un estudio retrospectivo, de fuentes secundarias como lo son expedientes clínicos y radiológicos, y que se utilizarán métodos de investigación documental.

Contribuciones y beneficios del estudio para los participantes y la sociedad en conjunto: quienes participe no recibirán una retribución alguna por participación en este estudio. El beneficio será indirecto, ya que contribuirán a conocer el perfil radiológico de las FTL de los pacientes de esta UMAE.

Posibles inconvenientes: Ninguno.

Balance riesgo – beneficio: el beneficio directo para del participante, como se mencionó previamente es la contribución al conocimiento del perfil radiológico de las FTL.

Confidencialidad: los datos proporcionados en este estudio son totalmente confidenciales, sus resultados se usarán de manera global y para fines estadísticos. Se realizará acorde a la Ley de Protección de Datos Personales, se identificará al sujeto de investigación por su número de folio; los datos personales serán resguardados por la investigadora principal, su difusión será totalmente académica. Al ser un estudio retrospectivo no se requiere de una carta de consentimiento

informado, en su lugar se redacta una carta de excepción, donde se especifica que variables serán extraídas de la consulta de los expedientes clínicos y radiológicos de los pacientes que cumplan los criterios de inclusión.

Forma de selección de los participantes: al cumplirse los aspectos antes mencionados, el investigador obtendrá a sus participantes del protocolo por conveniencia localizando a todos los pacientes en los censos del servicio clínico de imagenología y radiología diagnostica de esta UMAE, durante el periodo de estudio, apegados al principio de justicia, aceptando a candidatos acorde a los criterios de selección del estudio.

Esta actividad se realizará conforme a lo estipulado en el en el reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud, donde indica que la realización de la investigación para la salud debe atender a aspectos éticos que garanticen la dignidad y el bienestar de la persona sujeta a investigación, siendo preciso sujetarse a las normas de seguridad generalmente aceptadas, conforme a ello establecido en el capítulo I y V, en los artículos 13, 18, 20; y 57 y 58 respectivamente que indican:

ARTÍCULO 13.- Prevalecerá el criterio de respeto a la dignidad, la protección de los derechos y bienestar del sujeto de estudio.

ARTÍCULO 17.- El sujeto a investigar no sufrirá daños en el estudio, ya que solo se aplicarán cuestionarios.

ARTÍCULO 20.- El sujeto tendrá un consentimiento informado con el cual autoriza su participación en la investigación con pleno conocimiento.

ARTÍCULO 57.- Se entiende por grupos subordinados a los siguientes: a los estudiantes, trabajadores de laboratorios y hospitales, empleados, miembros de las fuerzas armadas, internos en reclusorios o centros de readaptación social y otros grupos especiales de la población, en los que el consentimiento informado pueda ser influenciado por alguna autoridad.

ARTÍCULO 58.- Cuando se realicen investigaciones en grupos subordinados, en la Comisión de Ética deberá participar uno o más miembros de la población en estudio, capaz de representar los valores morales, culturales y sociales del grupo en cuestión y vigilar:

I. Que la participación, el rechazo de los sujetos a intervenir o retiro de su consentimiento durante el estudio, no afecte su situación médica, laboral, militar o la relacionada con el

proceso judicial al que estuvieran sujetos y las condiciones de cumplimiento de sentencia, en su caso:

II. Que los resultados de la investigación no sean utilizados en perjuicio de los individuos participantes, y de inestabilidad vertebral en paciente con FTL.

III. Que la institución de atención a la salud y los patrocinadores se responsabilicen del tratamiento médico de los daños ocasionados y, en su caso, de la indemnización que legalmente corresponda por las consecuencias dañosas de la investigación.

Dentro del estudio se actuará con respeto hacia el participante (Articulo 8), así como se respetara su autonomía traducido a respetar la participación o no participación del participante en el estudio; una vez dada la debida información sobre la investigación, no se podrá obligar a ninguna persona a participar, tendrá derecho a tomar decisiones informadas (Artículo 20, 21, 22, Declaración de los Derechos de los Participantes) por medio del consentimiento o asentimiento informado (Código de Núremberg), la confidencialidad de las respuestas como del resultado serán vistos y analizados únicamente por el investigador, dentro del estudio no se busca dañar de ninguna forma ni la integridad física, psicológica y moral de los participantes ya que no se pondrá en peligro su integridad debido a que no será un estudio experimental, y se determinará solo el perfil radiológico y de inestabilidad vertebral por mediciones radiológicas.

Este estudio cumple con lo establecido en la Declaración de Helsinki, revisada en la 64ª Asamblea General, Fortaleza, Brasil, octubre 2013:

- El propósito principal de la investigación médica en seres humanos es comprender las causas, evolución y efectos de las enfermedades y mejorar las intervenciones preventivas, diagnósticas y terapéuticas (métodos, procedimientos y tratamientos). Incluso, las mejores intervenciones probadas deben ser evaluadas continuamente a través de la investigación para que sean seguras, eficaces, efectivas, accesibles y de calidad.
- La investigación médica está sujeta a normas éticas que sirven para promover y asegurar el respeto a todos los seres humanos y para proteger su salud y sus derechos individuales.
- Aunque el objetivo principal de la investigación médica es generar nuevos conocimientos, este objetivo nunca debe tener primacía sobre los derechos y los intereses de la persona que participa en la investigación.
- En la investigación médica, es deber del médico proteger la vida, la salud, la dignidad, la integridad, el derecho a la autodeterminación, la intimidad y la confidencialidad de la

información personal de las personas que participan en investigación. La responsabilidad de la protección de las personas que toman parte en la investigación debe recaer siempre en un médico u otro profesional de la salud y nunca en los participantes en la investigación, aunque hayan otorgado su consentimiento.

- Los médicos deben considerar las normas y estándares éticos, legales y jurídicos para la investigación en seres humanos en sus propios países, al igual que las normas y estándares internacionales vigentes. No se debe permitir que un requisito ético, legal o jurídico nacional o internacional disminuya o elimine cualquiera medida de protección para las personas que participan en la investigación establecida en esta Declaración.
- La investigación médica debe realizarse de manera que reduzca al mínimo el posible daño al medio ambiente.
- La investigación médica en seres humanos debe ser llevada a cabo sólo por personas con la educación, formación y calificaciones científicas y éticas apropiadas. La investigación en participantes o voluntarios sanos necesita la supervisión de un médico u otro profesional de la salud competente y calificada apropiadamente.
- Los grupos que están subrepresentados en la investigación médica deben tener un acceso apropiado a la participación en la investigación.
- El médico que combina la investigación médica con la atención médica debe involucrar a sus participantes en la investigación sólo en la medida en que esto acredite un justificado valor potencial preventivo, diagnóstico o terapéutico y si el médico tiene buenas razones para creer que la participación en el estudio no afectará de manera adversa la salud de los participantes que toman parte en la investigación.
- Se debe asegurar compensación y tratamiento apropiados para las personas que son dañadas durante su participación en la investigación.
- En la práctica de la medicina y de la investigación médica, la mayoría de las intervenciones implican algunos riesgos y costos.
- La investigación médica en seres humanos sólo debe realizarse cuando la importancia de su objetivo es mayor que el riesgo y los costos para la persona que participa en la investigación.
- Toda investigación médica en seres humanos debe ser precedido de una cuidadosa comparación de los riesgos y los costos para las personas y los grupos que participan en la investigación, en comparación con los beneficios previsibles para ellos y para otras personas o grupos afectados por la enfermedad que se investiga.

- Se deben implementar medidas para reducir al mínimo los riesgos. Los riesgos deben ser monitoreados, evaluados y documentados continuamente por el investigador.
- Los médicos no deben involucrarse en estudios de investigación en seres humanos a menos de que estén seguros de que los riesgos han sido adecuadamente evaluados y de que es posible hacerles frente de manera satisfactoria.
- Cuando los riesgos que implican son más importantes que los beneficios esperados o si existen pruebas concluyentes de resultados definitivos, los médicos deben evaluar si continúan, modifican o suspenden inmediatamente el estudio.
- Algunos grupos y personas sometidas a la investigación son particularmente vulnerables y pueden tener más posibilidades de sufrir abusos o daño adicional.
- Todos los grupos y personas vulnerables deben recibir protección específica.
- La investigación médica en un grupo vulnerable sólo se justifica si la investigación responde a las necesidades o prioridades de salud de este grupo y la investigación no puede realizarse en un grupo no vulnerable. Además, este grupo podrá beneficiarse de los conocimientos, prácticas o intervenciones derivadas de la investigación.
- La investigación médica en seres humanos debe conformarse con los principios científicos generalmente aceptados y debe apoyarse en un profundo conocimiento de la bibliografía científica, en otras fuentes de información pertinentes, así como en experimentos de laboratorio correctamente realizados y en animales, cuando sea oportuno.
- Se debe cuidar también del bienestar de los animales utilizados en los experimentos.
- El proyecto y el método de todo estudio en seres humanos deben describirse claramente y ser justificados en un protocolo de investigación.
- El protocolo debe hacer referencia siempre a las consideraciones éticas que fueran del caso y debe indicar cómo se han considerado los principios enunciados en esta Declaración. El protocolo debe incluir información sobre financiamiento, patrocinadores, afiliaciones institucionales, posibles conflictos de interés e incentivos para las personas del estudio y la información sobre las estipulaciones para tratar o compensar a las personas que han sufrido daños como consecuencia de su participación en la investigación.

Por otra parte, con base en el Protocolo de Estambul aprobado por la ONU, el cual estipula que “Nadie será sometido a torturas ni a penas o tratos crueles, inhumanos o degradantes. En especial nadie será sometido sin su libre consentimiento a experimentos médicos o será sometido sin su

libre consentimiento a experimentos médicos o científicos", en este estudio no se realizará experimento que dañe a los participantes.

Los aspectos éticos del presente trabajo se fundamentan en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su Artículo 4º publicado el 6 de abril de 1990 en el Diario Oficial de la Federación, donde nos habla sobre la igualdad y la libertad de decisión sobre su salud y el libre acceso a los servicios médicos en busca de un beneficio.

Además, apegándonos a las leyes nacionales: Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Investigación para la Salud, Código de Bioética para el personal de salud. Los lineamientos generales para realizar investigación en el Instituto Mexicano del Seguro Social dentro de los cuales destaca lo siguiente: "*que toda investigación realizada en el instituto debe ponerse de manifiesto un profundo respeto hacia la persona la vida y la seguridad de todos los derechos que quién participe en ellos rigiéndose por las normas institucionales en la materia*", en particular por el Manual de Organización de la Jefatura de los Servicios de Enseñanza e Investigación (Acuerdo No 15; 6 – 84 del 20 de junio de 1984 del Honorable Consejo Técnico).

Los aspectos éticos del presente trabajo se fundamentan en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su Artículo 4º publicado el 6 de abril de 1990 en el Diario Oficial de la Federación, donde nos habla sobre la igualdad y la libertad de decisión sobre su salud y el libre acceso a los servicios médicos en busca de un beneficio.

Además, apegándonos a las leyes nacionales: Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Investigación para la Salud, Código de Bioética para el personal de salud. Los lineamientos generales para realizar investigación en el Instituto Mexicano del Seguro Social dentro de los cuales destaca lo siguiente: "*que toda investigación realizada en el instituto debe ponerse de manifiesto un profundo respeto hacia la persona la vida y la seguridad de todos los derechos que quién participe en ellos rigiéndose por las normas institucionales en la materia*", en particular por el Manual de Organización de la Jefatura de los Servicios de Enseñanza e Investigación (Acuerdo No 15; 6 – 84 del 20 de junio de 1984 del Honorable Consejo Técnico).

El informe Belmont presenta los Principios éticos y pautas para la protección de sujetos humanos de la investigación. El informe establece los principios éticos fundamentales subyacentes a la realización aceptable de la investigación en seres humanos tomando en consideración los siguientes principios:

- ***Respeto*** a los sujetos en estudio, deberán ser tratados como agentes autónomos, tratados de una manera ética, implica no sólo respetar sus decisiones y protegerlos de daños, sino también procurar su bienestar.
- ***Autonomía*** se respeta la decisión de los participantes a participar en el estudio al momento de solicitar consentimiento informado al igual que su permanencia.
- ***Beneficencia*** este principio implica que debe buscarse siempre incrementar al máximo los potenciales beneficios para los sujetos y reducir los riesgos.
- ***No maleficencia*** al no infringir daño a los participantes, quienes únicamente contestarán el cuestionario sin implicar riesgos.
- ***Justicia:*** los riesgos y beneficios de un estudio de investigación deben ser repartidos equitativamente entre los sujetos de estudio. Bajo toda circunstancia debe evitarse el estudio de procedimientos de riesgo exclusivamente en población vulnerable por motivos de raza, sexo, religión, filiación política o estado de salud mental.

Así pues, el presente protocolo de estudio se lleva a cabo sin conflicto de intereses, más que el beneficio académico y las aportaciones para el diagnóstico oportuno e intervenciones en la población de estudio. El investigador proporcionó el material de papelería para la impresión de cuestionarios, llevó a cabo la aplicación y llenado de los mismos, así como el equipo de cómputo en donde se recabaron los datos.

9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

	2024					2025												2026												2027					
ACTIVIDAD	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
FASE DE PLANEACIÓN																																			
Búsqueda bibliográfica,	X	X	X	X																															
Redacción del proyecto		X	X	X	X																														
Revisión del proyecto.			X	X	X																														
Presentación a CLIS y CLEI						X																													
FASE DE EJECUCIÓN																																			
Recolección de datos							X	X	X	X	X	X	X	X	X																				
Organización y tabulación																X																			
Análisis e interpretación																	X																		
FASE DE COMUNICACIÓN																																			
Redacción del escrito final																		X																	
Aprobación del informe final																		X																	
Impresión del informe final																			X																
Presentación en foro o congreso																				X															
Envío a publicación a revista																					X	X	X	X	X										

10. RESULTADOS.

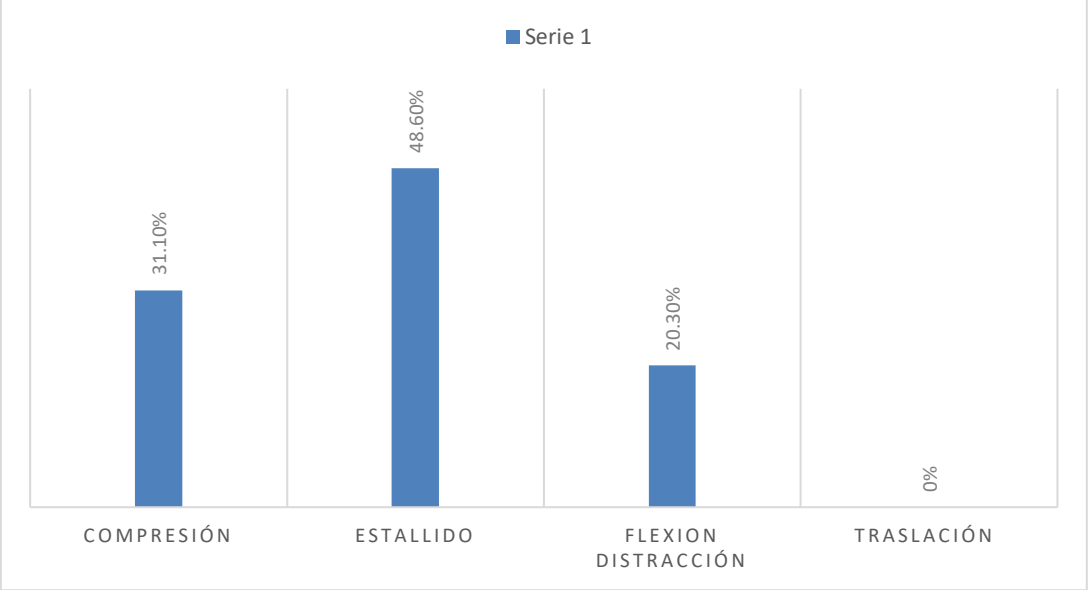
La muestra de pacientes fue de 74 pacientes, de los cuales el 62.2% (n= 46) fueron hombres y el resto mujeres (37.8%, n= 28). La media de edad fue de 43±16.8 (18-97 años).

En cuanto a la somatometría, se describe en la tabla 1.

N=74	n(%)
Sexo	
Hombre	46 (62.2)
Mujer	28(37.8)
	Media
Edad	43±16.8(18-97)
Peso	70.11±8(50-90)
Talla	1.65±0.08(1.50-1.90)
IMC	25.6±2.8(20.5-31.3)

Tabla 1. Variables demográficas.

En cuanto a los tipos de fracturas, la mayor parte fueron fracturas por estallido (n=36, 48.6%), seguidas por compresión (n= 23, 31.1%) y por flexo-distracción (n=15, 203%) (Gráfica 1).



Gráfica 1. Tipos de fracturas toracolumbares.

En relación con el nivel de la fractura, no se encontró un nivel predominante, teniendo una distribución homogénea, pero en el 35.1% (n=26) se observó la FTL a nivel de L1 (Tabla 2). Del total de pacientes valorados, el 100% solo presentaba una fractura a un nivel.

N= 74	n(%)
L1	26(35.1)
L2	10(13.5)
L3	7(9.5)
L4	1(1.4)
L5	2(2.7)
T1	0(0)
T2	2(2.7)
T3	1(1.4)
T4	3(4.1)
T5	0(0)
T6	1(1.4)
T7	1(1.4)
T8	2(2.7)
T9	3(4.1)
T10	0(0)
T11	2(2.7)
T12	13(17.6)

Tabla 2. Nivel de la FTL.

Se observó fisura intervertebral en el 21.6% (n=16) (Tabla 3).

N=74	n(%)
Sí	16(21.6)
No	58(78.4)

Tabla 3. Presencia de fisura intervertebral en las FTL.

En relación con el perfil radiológico, los parámetros de inestabilidad, se observó que las fracturas por flexión-distracción presentaron mayor inestabilidad radiológica que el resto de las fracturas. Se explica con detalle en la tabla 4 y 5.

N=74	%AV	%CAA	%CAM	Acc
Compresión	18.43±13.55 (2.5-51.7)	81.47±13.5 (48.2-97.4)	82.19±11 (57.9-100)	10.37±7.2 (0.8-30.9)
Estallido	25.37±14.5 (2.7-62.8)	74.5±14.5 (37.1-97.2)	68.41±13.5 (24.6-60.1)	10.7±8.5 (0.5-50.1)
Flexión-distracción	27.12±14.2 (8.7-57.3)	72.78±14.2 (42.6-91.2)	80.75±11.9 (58.7-96.3)	15.4±6.2 (7.4-28.3)
Traslación	-	-	-	-
Significancia (P)	**0.109**	**0.109**	**0.000**	**0.099**

%AV= porcentaje de pérdida de altura vertebral, %CAA porcentaje de compresión de la altura anterior, %CAM=porcentaje de compresión de la altura media, ACc=ángulo cifótico calculado.

Tabla 4. Perfil radiológico de inestabilidad en las FTL.

N= 74	AVA Sup	AVA inf	AVM sup	AVM inf	AVP supr	AVP inf	ACV	AC	RCV
Compresión	22.087±4 (14.6-29.2)	24.16±4.9 (10.8-31.2)	20.92±3.1 (13.9-27.1)	22.58±3.4 (14.7-28.6)	23.79±3.6 (15.3-29.2)	24.82±3.7 (17.1-29.8)	29.2±5 (19.1-39)	15.83±12.8 (3-49)	78.74±14.3 (40.5-97.9)
Estallido	22.26±2.6 (13.9-26.5)	25.13±3 (14.3-29.7)	21.3±2.8 (14.4-26.3)	23.38±2.5 (15.2-27.9)	25.22±3 (15.7-29.9)	26.32±2.9 (16.7-32.2)	30.75±4.5 (16.8-38.3)	14±9 (2-46)	76.4±13.4 (35.1-98.6)
Flexión-distracción	20.82±3.7 (11.9-24.9)	23.22±3.6 (15.9-29.7)	20.1±4 (11.3-24.8)	22.2±4.4 (12.7-27.6)	23.44±4.1 (16.2-28.4)	26.7±3 (20.2-31.1)	30.54±5 (24.6-41.8)	35.6±60 (9-250)	64.99±12.3 (37.1-79.3)
Traslación	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Significancia (P)	**0.351**	**0.242**	**0.484**	**0.437**	**0.147**	**0.128**	**0.465**	**0.043**	**0.008**

AVA Sup= altura vertebral anterior del nivel superior AVA inf= altura vertebral anterior del nivel inferior, AVM sup= altura vertebral media del nivel superior, AVM inf= altura vertebral media del nivel inferior, AVP sup= altura vertebral posterior del nivel superior, AVP inf= altura vertebral posterior del nivel inferior, ACV= ancho del cuerpo vertebral , AC= ángulo de cifosis vertebral, RCV=relacion de compresión vertebral.

Tabla 5. Parámetros de inestabilidad radiológica en las FTL**.**

11. DISCUSION.

Los criterios empleados para determinar la estabilidad de una fractura toracolumbar (FTL) se basan en mediciones radiológicas englobadas en parámetros definidos. Sin embargo, diversos autores señalan que algunos criterios pueden no reflejar los factores que influyen en la estabilidad de la fractura, así como aspectos biomecánicos relevantes.

En esta tesis se buscó valorar integralmente las FTL mediante mediciones radiológicas y caracterizar el perfil asociado a la inestabilidad vertebral. Se hipotetizó que las fracturas por compresión son el tipo más frecuente y son biomecánicamente estables, siendo las fracturas por distracción las menos frecuentes y las que presentan mayor inestabilidad.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación que incluyó a 74 pacientes (62.2% hombres; edad media 43 ± 16.8 años), la distribución por sexo coincide con la epidemiología descrita en series de trauma de alta energía, con un predominio masculino de pacientes en edad reproductiva. Se evidencia que las fracturas por compresión no fueron las más frecuentes (31.1%), siendo superadas por las fracturas por estallido (48.6%), posteriormente las lesiones por flexión distracción (20.3%), y en último lugar de frecuencia las fracturas por traslación, de las cuales no se identificaron casos en la muestra analizada, esto sugiere una baja incidencia de lesiones por traslación posiblemente relacionada con los mecanismos de trauma mas comunes y traumatismos inestables que pudieron haber sido derivados directamente a cirugía, así mismo contrasta con los estudios de Hsu et al., 2019, Franklin et al., 2019 y Urrutia et al., 2019 quienes señalan a las fracturas por compresión como las más frecuentes.

Respecto al perfil radiológico de inestabilidad, se demuestra que el porcentaje de compresión de altura media presentó la asociación estadísticamente más fuerte ($p = 0.000$), así como los parámetros de ángulo cifótico ($p= 0.043$) y relación de compresión vertebral ($p= 0.008$), los cuales mostraron diferencias significativas entre los tipos de fracturas evaluados, éstos hallazgos coinciden con lo reportado por Hsu et al., 2019, quien relaciona la inestabilidad vertebral ante un porcentaje de compresión de altura vertebral media menor del 40% y el ángulo cifótico menor de 15°. Es demostrable su utilidad clínica siendo de utilidad en la práctica radiológica combinar la relación de compresión vertebral con el porcentaje de compresión de altura vertebral medial para mejorar la sensibilidad de detección del colapso y la relación con inestabilidad vertebral.

La ausencia de fracturas por traslación imposibilita la comparación del comportamiento radiológico con el resto de grupos evaluados, sin embargo, los valores obtenidos en las fracturas por flexión distracción mostraron mayor inestabilidad, con valores porcentuales más altos de colapso anterior, así como mayor cifosis segmentaria, ángulo cifótico calculado y relación de compresión vertebral. Estos hallazgos reflejan de manera indirecta el daño del complejo ligamentario posterior, consistente con lo documentado por Villalvazo et al, asocian una mayor deformidad angular que podría predisponer a progresión según lo documentado por Goldstein et al., y muestran la concordancia con el sistema de clasificación de Denis, donde el concepto de inestabilidad se relaciona a la afectación de columnas, también incorpora la integridad del complejo ligamentario en sistemas como TLICS y AO. Los resultados permiten aceptar la hipótesis alternativa (Ha1) al demostrar una asociación de las fracturas por distracción con mayor inestabilidad mecánica.

Un hallazgo de interés fue la presencia de fisura intravertebral en 21.6%, siendo un porcentaje menor al reportado por Wood et al., Goldstein et al., Muratore et al. y Cho et al., en estudios de fracturas osteoporóticas, siendo éste un resultado previsible dado que la muestra estudiada incluye una población más joven y con etiologías traumáticas, confirmando que la inestabilidad en el tipo de población estudiada asocia mecanismos diferentes y con menor riesgo de progresión tardía. Sin embargo, la búsqueda sistemática de fisura intravertebral permite identificar fracturas con riesgo de colapso progresivo apoyando decisiones tempranas en subtipos de alto riesgo.

Se observó un porcentaje importante de fracturas con compromiso en el muro posterior y retropulsión de los fragmentos hacia el canal espinal. Escribá Urios et al. y Denis consideraron esto fundamental para clasificar una fractura como inestable, ya que indica una mayor energía del trauma y afectación del complejo óseo que resiste las fuerzas de compresión axial. Esto conlleva a una mayor probabilidad de inestabilidad mecánica y neurológica. Tal hallazgo es útil, ya que su identificación radiológica ayuda a orientar un manejo más preciso y, en algunos casos, quirúrgico.

Respecto al nivel de afectación vertebral, la mayor frecuencia se localizó en L1 (35.1%), acorde a lo reportado por Denis en estudios que analizan la fisiopatología de la región toracolumbar, ya que es un punto vulnerable donde cambia la orientación facetaria, la movilidad y la rigidez del canal vertebral. Desde la práctica radiológica reconocer esta predisposición anatómica permite orientar una búsqueda sistemática de lesiones en la unión toracolumbar, teniendo en cuenta el mayor riesgo de afectación neurológica en comparación con niveles lumbares inferiores.

Franklin et al., 2019 y Bar et. Al, 2017 subrayan la alta sensibilidad de la tomografía computarizada para detectar fracturas y la objetividad de mediciones pueden ser sistematizadas en el reporte, se refuerza la idoneidad de la tomografía como herramienta principal para describir parámetros morfométricos y su asociación con inestabilidad.

Debilidades:

Al ser un estudio observacional analítico y retrospectivo no permite medir la progresión temporal ni los resultados funcionales.

La heterogeneidad de la población representada por diferencia de edad y etiología traumática limita la generalización.

Pese a que el número total de pacientes es aceptable, algunos subgrupos por tipo de fractura tienen un número pequeño, una validación en muestras mayores fortalecería las conclusiones.

Se identificó como una de las limitaciones del estudio que la información obtenida del PACS no coincidía por completo con los datos registrados en el expediente clínico. Esta falta de correspondencia dificultó la verificación cruzada de algunos parámetros y pudo generar pequeñas variaciones al momento de capturar o interpretar la información.

Fortalezas:

El estudio reunió una cohorte con mediciones detalladas tomadas directamente de las imágenes, lo que permitió comparar de manera clara los diferentes tipos de fracturas.

Se evaluaron distintos parámetros como alturas vertebrales, ángulos y proporciones, lo que ayudó a identificar cuáles de ellos se relacionan más con la inestabilidad en nuestra población.

Además, se buscó contrastar los hallazgos con la literatura más relevante, incluyendo trabajos como los de Hsu y sistemas de clasificación como AO/TLICS, para dar un contexto más sólido a los resultados.

La realización de este estudio aporta datos de prevalencia de niveles, tipos de fractura, presencia de fisura intravertebral y parámetros del perfil radiológico que puede ser de utilidad para adaptar protocolos diagnósticos y terapéuticos locales que contribuyan a mejorar la toma de decisiones en pacientes de la unidad.

Propuestas:

Se sugiere que en líneas futuras se realice un estudio prospectivo que siga la progresión radiológica y clínica de pacientes para cuantificar el riesgo real y la progresión de colapso vertebral, asi como la necesidad de cirugía. Confirmar si el umbral de porcentaje de compresión de altura vertebral media del 40% mantiene su utilidad en estudios multicéntricos con seguimiento clínico para establecer su valor real como indicador de inestabilidad.

12. CONCLUSIONES

En este estudio se caracterizó el perfil radiológico en tomografía computarizada asociado a la inestabilidad vertebral en pacientes con fracturas toracolumbares, tal como se planteó.

Se analizó una serie de 74 pacientes con fracturas toracolumbares, donde la distribución por sexo y edad coincide con la epidemiología de lesiones traumáticas de alta energía, predominantemente en hombres jóvenes, reforzando la validez externa de los resultados para poblaciones similares.

En esta cohorte de pacientes con fracturas toracolumbares, el tipo de fractura más frecuente fue la fractura por estallido (48.6%), seguida de las fracturas por compresión (31.1%) y por flexión-distracción (20.3%). No se identificaron fracturas por traslación.

En cuanto a la distribución anatómica, se observó mayor frecuencia de fracturas en L1 (35.1%), dato que coincide con la vulnerabilidad biomecánica de la región toracolumbar, resaltando su importancia clínica para la búsqueda sistemática de fracturas potencialmente inestables.

Entre los parámetros medidos, el porcentaje de compresión de la altura vertebral media fue el que mostró la asociación estadística más fuerte con la inestabilidad (p= 0.000). Este hallazgo sugiere que este parámetro puede ser útil en la práctica radiológica diaria para identificar fracturas con mayor perturbación biomecánica. Los parámetros de ángulo cifótico y relación de compresión vertebral también presentaron diferencias significativas entre los tipos de fractura, aportando valor como mediciones complementarias en la evaluación del daño estructural.

La presencia de hendiduras vertebrales se observó en el 21.6% de los pacientes, porcentaje menor al reportado en fracturas osteoporóticas, lo cual es coherente con la población estudiada, compuesta por adultos jóvenes con mecanismos traumáticos de alta energía.

El compromiso del muro posterior y la retropulsión hacia el canal espinal en un porcentaje considerable de fracturas reflejan daño estructural del componente óseo posterior y constituyen elementos clave de inestabilidad mecánica y neurológica.

La tomografía computarizada se confirmó como herramienta diagnóstica suficiente para la clasificación morfológica y para el análisis de parámetros asociados a inestabilidad vertebral, dada su alta resolución y reproducibilidad.

Aunque no se analizaron los desenlaces evolutivos, los datos coinciden con la literatura que relaciona mayor colapso vertebral y alteraciones angulares con criterios clásicos de inestabilidad,

como afectación del muro posterior, presencia de hendiduras intervertebrales y parámetros de compresión que superan los umbrales establecidos por Hsu y otros autores.

En conclusión, el estudio aporta evidencia que respalda el uso del porcentaje de compresión de altura vertebral media, junto con el ángulo de cifosis y la relación de compresión vertebral, como herramientas radiológicas útiles para detectar fracturas potencialmente inestables en la UMAE HTO Puebla.

13. BIBLIOGRAFÍA.

Alexandru, D., & So, W. (2012). Evaluation and management of vertebral compression fractures. In *The Permanente journal* (Vol. 16, Issue 4, pp. 46–51). https://doi.org/10.7812/tpp/12-037

Almendárez-Sánchez, C. A., Sotelo-Popoca, T., Tafur-Grandett, A. A., & Huato-Reyes, R. (2020). Technical note: In Mexico, the majority of 147 traumatic spinal cord injuries occurred in the thoracic spine for young males. In *Surgical Neurology International* (Vol. 11). Scientific Scholar. https://doi.org/10.25259/SNI_284_2019

Alsoof, D., Anderson, G., McDonald, C. L., Basques, B., Kuris, E., & Daniels, A. H. (2022). Diagnosis and Management of Vertebral Compression Fracture. In *American Journal of Medicine* (Vol. 135, Issue 7, pp. 815–821). Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2022.02.035

Bar, A., Wolf, L., Bergman Amitai, O., Toledano, E., & Elnekave, E. (2017). Compression fractures detection on CT. *Medical Imaging 2017: Computer-Aided Diagnosis*, *10134*, 1013440. https://doi.org/10.1117/12.2249635

Beall, D., Lorio, M. P., Min Yun, B., Runa, M. J., Ong, K. L., & Warner, C. B. (2018). Review of vertebral augmentation: An updated metaanalysis of the effectiveness. *International Journal of Spine Surgery*, *12*(3), 295–321. https://doi.org/10.14444/5036

Bravo, A. E., Brasuell, J. E., Favre, A. W., Koenig, B. M., Khan, A. A., & Beall, D. P. (2020). Treating Vertebral Compression Fractures: Establishing the Appropriate Diagnosis, Preoperative Considerations, Treatment Techniques, Postoperative Follow-Up and General Guidelines for the Treatment of Patients With Symptomatic Vertebral Compression Fractures. *Techniques in Vascular and Interventional Radiology*, *23*(4). https://doi.org/10.1016/j.tvir.2020.100701

Cho, S. T., Shin, D.-E., Kim, J.-W., Yoon, S., Il Lee, H., & Lee, S. (2023). Prediction of Progressive Collapse in Osteoporotic Vertebral Fractures Using Conventional Statistics and Machine Learning. *Spine*, *48*(21), 1535-1543. DOI: 10.1097/BRS.0000000000004598

Domenech Pascual, J. R., Sánchez Hermosa, C., Bordo y Ferrer, C., Portillo Ruiz, M., & Pérez Villacastín, B. (2000). Aplastamiento vertebral: Diagnóstico diferencial con Resonancia Magnética. *REEMO*, *9*(6), 242–243.

Donnally, C. I., & Varacallo, M. (2018). Vertebral compression fractures. . *J Community Nurs*, *25*(6), 39–42.

Downie, A., Williams, C. M., Henschke, N., Hancock, M. J., Ostelo, R. W. J. G., De Vet, H. C. W., Macaskill, P., Irwig, L., Van Tulder, M. W., Koes, B. W., & Maher, C. G. (2013). Red flags to screen for malignancy and fracture in patients with low back pain: Systematic review. *BMJ (Online)*, *347*. https://doi.org/10.1136/bmj.f7095

Escribá Urios, I., Escribá Roca, I., & Gomar Sancho, F. (2006). Fracturas por estallido toracolumbares: pasado, presente y futuro. *Revista Española de Cirugía Osteoarticular*, *41*(227), 122–130.

Franklin, D. B., Hardaway, A. T., Sheffer, B. W., Spence, D. D., Kelly, D. M., Muhlbauer, M. S., Warner, W. C., & Sawyer, J. R. (2019). The Role of Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging in the Diagnosis of Pediatric Thoracolumbar Compression Fractures. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, *39*(7), E520–E523. https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001316

Goldstein, S., Smorgick, Y., Mirovsky, Y., Anekstein, Y., Blecher, R., & Tal, S. (2016). Clinical and radiological factors affecting progressive collapse of acute osteoporotic compression spinal fractures. *Journal of Clinical Neuroscience*, *31*, 122–126. https://doi.org/10.1016/j.jocn.2016.02.020

Gomleksiz, C. (2015). Thoracolumbar Fractures: A Review of Classifications and Surgical Methods. *Journal of Spine*, *04*(04). https://doi.org/10.4172/2165-7939.1000250

Green, A. D., Colón-Emeric, C. S., Bastian, L., Drake, M. T., & Lyles, K. W. (2004). Does This Woman Have Osteoporosis? *JAMA* , *292*(23), 2890–2900. http://jama.jamanetwork.com/

Groves, C. J., Cassar-Pullicino, V. N., Tins, B. J., Tyrrell, P. N. M., & McCall, I. W. (2005). Chance-type flexion-distraction injuries in the thoracolumbar spine: MR imaging characteristics. In *Radiology* (Vol. 236, Issue 2, pp. 601–608). https://doi.org/10.1148/radiol.2362040281

Hsu, W. E., Su, K. C., Chen, K. H., Pan, C. C., Lu, W. H., & Lee, C. H. (2019b). The evaluation of different radiological measurement parameters of the degree of collapse of the vertebral body in vertebral compression fractures. *Applied Bionics and Biomechanics*, *2019*, 15–20. https://doi.org/10.1155/2019/4021640

Jenkins, H. J., Downie, A. S., Maher, C. G., Moloney, N. A., Magnussen, J. S., & Hancock, M. J. (2018). Imaging for low back pain: is clinical use consistent with guidelines? A systematic review and meta-analysis. *Spine Journal*, *18*(12), 2266–2277. https://doi.org/10.1016/j.spinee.2018.05.004

Keynan, O., Fisher, C. G., Vaccaro, A., Fehlings, M. G., Oner, F. C., Dietz, J., Kwon, B., Rampersaud, R., Bono, C., France, J., & Dvorak, M. (2006). Radiographic Measurement Parameters in Thoracolumbar Fractures: A Systematic Review and Consensus Statement of the Spine Trauma Study Group. In *SPINE* (Vol. 31, Issue 5).

Khurana, B., Sheehan, S. E., Sodickson, A., Bono, C. M., & Harris, M. B. (2013). Traumatic Thoracolumbar Spine Injuries: What the Spine Surgeon Wants to Know. *Radiographics*, *33*(7), 2031–2046. https://doi.org/10.1148/rg.337135018/-/DC1

Lee, J. Y., Vaccaro, A. R., Lim, M. R., Öner, F. C., Hulbert, R. J., Hedlund, R., Fehlings, M. G., Arnold, P., Harrop, J., Bono, C. M., Anderson, P. A., Anderson, D. G., Harris, M. B., Brown, A. K., Stock, G. H., & Baron, E. M. (2005). *Thoracolumbar injury classification and severity score: A new paradigm for the treatment of thoracolumbar spine trauma*. Journal of Orthopaedic Science, 10(6), 671–675. https://doi.org/10.1007/s00776-005-0956-y

López Sánchez, A., López Banet, E., Páez Granda, D., Patricia Solano Romero, A., Navarro Baño, A., & Vázquez Sáez, V. (n.d.). *Columna degenerativa: un reto difícil de afrontar para el residente. Importancia de la unificación de criterios y sistemática para la elaboración de un informe radiológico con resonancia magnética (RM)*. 1–30.

M de la Torre González, G. L. (2018). Fracturas vertebrales toracolumbares. Diagnóstico y tratamiento. *Fracturas Vertebrales Toracolumbares. Diagnóstico y Tratamiento*, *6*(2), 44–48.

Mccarthy, J., & Davis, A. (2016). Diagnosis and Management of Vertebral Compression Fractures. In *American Family Physician www.aafp.org/afp* (Vol. 94, Issue 1). http://www.drugstore.com

Moya Sánchez, E., Tomás Muñoz, P., García Espinosa, J., Pérez Rosillo, M., & Ruiz Santiago, F. (2016). Claves para el estudio por imagen de las fracturas de columna dorsolumbar. *Seram*, 1–28.

Muratore, M., Ferrera, A., Masse, A., & Bistolfi, A. (2020). Can we predict the progression of vertebral collapse in conservative treatment of osteoporotic vertebral

fractures? A 3-Year retrospective study of 180 patients from the emergency department. *International Journal of Spine Surgery*, *14*(4), 641–648. https://doi.org/10.14444/7084

Naves, M., Cannata, J. B., & Central, H. U. (2007). *Reseñas de Investigación. Diagnóstico morfométrico de fractura vertebral 05/03/2007*. 1–8.

Oner, F. C., Van Gils, A. P. G., Faber, J. A. J., Dhert, W. J. A., & Verbout, A. J. (2002). Some Complications of Common Treatment Schemes of Thoracolumbar Spine Fractures Can Be Predicted With Magnetic Resonance Imaging Prospective Study of 53 Patients With 71 Fractures. In *SPINE* (Vol. 27, Issue 6).

Patten, R. M., Gunberg, S. R., & Brandenburger, D. K. (2000). Emergency Radiology Frequency and Importance of Transverse Process Fractures in the Lumbar Vertebrae at Helical Abdominal CT in Patients with Trauma 1. *Radiology*, *215*, 831–834.

Sadiqi, S., Verlaan, J. J., Lehr, A. M., Chapman, J. R., Dvorak, M. F., Kandziora, F., Rajasekaran, S., Schnake, K. J., Vaccaro, A. R., & Oner, F. C. (2016). Measurement of kyphosis and vertebral body height loss in traumatic spine fractures: an international study. *European Spine Journal*, *26*(5), 1483–1491. https://doi.org/10.1007/s00586-016-4716-9

Santiago, F. R., Ramos-Bossini, A. J. L., Wáng, Y. X. J., Barbero, J. P. M., Espinosa, J. G., & Martínez, A. M. (2022). The value of magnetic resonance imaging and computed tomography in the study of spinal disorders. In *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery* (Vol. 12, Issue 7, pp. 3947–3986). AME Publishing Company. https://doi.org/10.21037/qims-2022-04

Secretaría de Salud. (2013). *Diagnóstico y Principios del Tratamiento Quirúrgico de las Fracturas de Vertebras Toraco- de las Fracturas de Vertebras Toraco-lumbares lumbares secundarias a un traumatismo, en el Adulto*.

Singh, K., Kim D, & Vaccaro A. (2007). Lesiones vertebrales toráxicas y lumbares. In Rothman-Simeone (Ed.), *Atlas de lesiones vertebrales en adultos y niños* (5a ed, Vol. 2). Ed.Elsevier.

Urrutia, J., Besa, P., & Piza, C. (2019). Incidental identification of vertebral compression fractures in patients over 60 years old using computed tomography scans showing the entire thoraco-lumbar spine. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, *139*(11), 1497–1503. https://doi.org/10.1007/s00402-019-03177-9

Villalvazo BA, Calderón VJR, Cardeña MEJ. El ABC de las fracturas toracolumbares. Cir Columna. 2023;1(2):100-106. doi:10.35366/111633.

Wong, C. C., & McGirt, M. J. (2013). Vertebral compression fractures: A review of current management and multimodal therapy. In *Journal of Multidisciplinary Healthcare* (Vol. 6, Issue 2, pp. 205–214). https://doi.org/10.2147/JMDH.S31659

Yu, W. B., Jiang, X. B., Liang, D., Xu, W. X., Ye, L. Q., & Wang, J. (2019). Risk factors and score for recollapse of the augmented vertebrae after percutaneous vertebroplasty in osteoporotic vertebral compression fractures. *Osteoporosis International*, *30*(2), 423–430. https://doi.org/10.1007/s00198-018-4754-8

15. ANEXOS.

15.1. ANEXO I. CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO.

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
SEGURIDAD Y SOLIDARIDAD SOCIAL

Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Traumatología y Ortopedia CMN MAC
Dirección de Educación e Investigación en Salud
División de Investigación en Salud

Puebla de Zaragoza, Puebla a 26 de diciembre de 2024

SOLICITUD DE EXCEPCION DE LA CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Para dar cumplimiento a las disposiciones legales nacionales en materia de investigación en salud, solicito al Comité de Ética en Investigación de la Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Traumatología y Ortopedia "Manuel Ávila Camacho" que apruebe la excepción de la carta de consentimiento informado debido a que el protocolo de investigación:

"Parámetros de inestabilidad vertebral y perfil radiológico en fracturas toracolumbares en la UMAE HTO Puebla".

Esta es una propuesta de investigación sin riesgo que implica la recolección de los siguientes datos ya contenidos en los expedientes clínicos:

a) Variables demográficas.
b) Características de las fracturas toracolumbares.
c) Patrones de inestabilidad vertebral.
d) Características del perfil radiológico de las fracturas toracolumbares.

MANIFIESTO DE CONFIDENCIALIDAD Y PROTECCION DE DATOS

En apego a las disposiciones legales de protección de datos personales, me comprometo a recopilar solo la información que sea necesaria para la investigación y esté contenida en el expediente clínico y/o base de datos disponible, así como codificarla para imposibilitar la identificación del paciente, resguardarla, mantener la confidencialidad de esta y no hacer mal uso o compartirla con personas ajenas a este protocolo.

La información recabada será utilizada exclusivamente para la realización del protocolo "**Parámetros de inestabilidad vertebral y perfil radiológico en fracturas toracolumbares en la UMAE HTO Puebla**" cuyo propósito es la realización de una tesis.

Estando en conocimiento de que en caso de no dar cumplimiento se procederá acorde a las sanciones que procedan de conformidad con lo dispuesto en las disposiciones legales en materia de investigación en salud vigente y aplicable.

Atentamente

Dra. Santa Portillo Gutiérrez.
Investigadora Responsable.

Diagonal Defensores de la República esquina 6 Poniente s/n, Col. Amor, C. P. 72140, Ciudad de Puebla. Tel.(222) 249 3099, Ext. 149. www.imss.gob.mx

2024 Felipe Carrillo PUERTO

15.2. ANEXO II. HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.



Protocolo de investigación: Parámetros de inestabilidad vertebral y perfil radiológico en fracturas toracolumbares en la UMAE HTO Puebla.

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

FOLIO:_____

Fecha de captura de datos:____/____/202__

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL PACIENTE.

NOMBRE DEL PACIENTE:

_____

NSS: _____

Variables demográficas y antropométricas.

1. **Edad** (años): _____
2. **Sexo:** F( ) M( )
3. **Peso** (kg): _____
4. **Talla** (cm): _____
5. **IMC** (kg/m2): _____

Fracturas toracolumbares (FTL).

1. Fecha de realización del estudio: _____
2. **Tipo de fractura**:
   - ☐ Fractura de compresión
   - ☐ Fractura por estallido.
   - ☐ Fractura por flexión-distracción
   - ☐ Fractura por traslación
3. **Número de niveles afectados**: _____
4. **Nivel de la fractura**:

☐ L1	☐ T1	☐ T7
☐ L2	☐ T2	☐ T8
☐ L3	☐ T3	☐ T9
☐ L4	☐ T4	☐ T10
☐ L5	☐ T5	☐ T11
	☐ T6	☐ T12

5. **Presencia de fisura intravertebral**:
   - ☐ Si
   - ☐ No

Perfil radiológico de las FTL.

Medición de longitudes y ángulos de la vértebra fracturada:

Altura vertebral anterior (AVA)	
AVA nivel superior:	mm
AVA nivel inferior:	mm
Altura vertebral media (AMA)	
AMA nivel superior:	mm
AMA nivel inferior:	mm
Altura vertebral posterior (AVP)	
AVP nivel superior:	mm
AVP nivel inferior:	mm

Ancho del Cuerpo Vertebral (ACV):	mm
Ángulo de Cifosis:	°
Relación de Compresión Vertebral (RCV):	%

Inestabilidad radiológica de las FTL:

Porcentaje de pérdida de altura vertebral (%AV):	%
Porcentaje de Compresión de la Altura Anterior (%CAA):	%
Porcentaje de Compresión de la Altura Media (%CAM):	%
Ángulo Cifótico Calculado (ACc):	%