



---

**Universidad de Valladolid**

**FACULTAD MEDICINA  
DEPARTAMENTO DE CIRUGIA, OFTALMOLOGIA,  
OTORRINOLARINGOLOGIA FISIOTERAPIA**

**TESIS DOCTORAL:**

**MODELO TRIDIMENSIONAL PARA LA CORRECCION  
DE FRACTURAS VERTEBRALES  
EVITANDO LA ARTRODESIS SEGMENTARIA**

Presentada por Dn. David Cesar Noriega Gonzalez  
para optar al grado  
doctor por la Universidad de Valladolid

Dirigida por:  
Dn. Miguel Ángel Martín Ferrero  
Dn. Juan José Noriega Trueba  
Dn. Aurelio Vega Castrillo





Con la finalización de este trabajo de investigación y clínico no puedo pasar por alto expresar mi gratitud a los directores, Dr. Martín Ferrero, Dr. Noriega Trueba y Dr. Vega Castrillo por todo el apoyo y ayuda aportada en las distintas fases del proyecto.

A M<sup>a</sup> Fe Muñoz Moreno por su inestimable ayuda, paciencia y por todas las enseñanzas recibidas.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Dr. Francisco Ardura Aragón por su colaboración diaria en nuestra meta común de mejorar el tratamiento de la patología vertebral, pero más aún por su amistad y estar siempre presente en cada momento.

A mis amigos Raúl y Daniel por el gran apoyo personal que me ha permitido desarrollar este trabajo de investigación y a Nuria que tantas enseñanzas de estilo y edición me ha dado.



**No puedo dejar pasar esta oportunidad para dedicar de forma especial este trabajo a toda mi familia, que me ha dado ánimo y apoyo para llegar hasta aquí.**

**A mi abuelo Pepe, gracias por enseñarme tantas cosas de la vida.**

**A mi hermana Sara, por haber sido un apoyo en cada momento de mi vida, por su animo, sus valores y por su motivación constante. Gracias por tu amor.**

**A Candi, por su ilusión y grandeza en momentos difíciles, por su sonrisa diaria, por darme lo mas importante de la vida. Gracias**

**A mi madre Elena, por mantener siempre la sonrisa, por tener siempre el animo alto para ayudarme, por entenderme y por quererme. Todo ello me ha dado la fuerza necesaria para poder llegar aquí y ahora. Espero este pequeño esfuerzo te llene de ilusión. Gracias por tu amor incondicional.**

**A mi padre Juan José, por tu ejemplo profesional, constancia en el trabajo, por ser mi maestro, por tu valor ante las dificultades profesionales que me inspiran cada dia. Gracias por ser el mejor dibujante, por siempre tener la ilusión por ayudarme. Gracias por tu amor y por haberme traído hasta aquí.**



# SUMARIO

1. INTRODUCCIÓN .....	9
2. CONCEPTO DE FRACTURA VERTEBRAL.....	15
2.1. RAQUIS CERVICAL.....	15
2.2. RAQUIS DORSOLUMBAR .....	17
3. HISTORIA DEL TRATAMIENTO DE LA FRACTURA VERTEBRAL.....	31
3.1. HISTORIA DE LA FRACTURA VERTEBRAL EN LA ANTIGÜEDAD.....	31
3.2.ÉPOCA PREMODERNA.....	42
3.3. EPOCA MODERNA .....	47
4. BIOMECANICA DE LA COLUMNA VERTEBRAL.....	77
4.1. CONCEPTO.....	77
4.2. HISTORIA .....	79
4.2.1. ANTIGÜEDAD.....	80
4.2.2. ERA PREMODERNA.....	84
4.2.4. DESCRIPCION BIOMECANICA DEL RAQUIS .....	99
5. EPIDEMIOLOGIA.....	109
5.1. INTRODUCCION.....	109
5.2. FRACTURAS TRAUMÁTICAS DE ALTA ENERGÍA .....	110
5.3. FRACTURAS PATOLÓGICAS.....	113
5.4. CONCLUSIONES.....	119
6. ETIOPATOGENESIS .....	121
6.1. INTRODUCCION.....	121
6.2. MODIFICACIONES LOCALES .....	124
6.3. MODIFICACIONES GLOBALES.....	128
7. CUADRO CLINICO Y EVOLUCION .....	131
8. HIPOTESIS DE TRABAJO .....	137
9. OBJETIVOS.....	139
10. MATERIAL Y METODOS.....	141
10.1. DISEÑO DEL ESTUDIO .....	141
10.2. CRITERIOS DE INCLUSION .....	142
10.3. CRITERIOS DE EXCLUSION.....	142
10.4. DESCRIPCION DEL METODO RADIOLOGICO DE MEDIDA.....	144
10.4.1. INTRODUCCION .....	144
10.4.2. ANALISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN .....	147
10.4.3. METODO TRIDIMENSIONAL .....	148
10.5. DESCRIPCION DE LA TECNICA QUIRURGICA.....	157

10.5.1. REDUCCION .....	157
10.5.2. FIJACIÓN ESTABLE .....	176
10.6. MEDIDAS REALIZADAS .....	177
10.7. PARAMETROS CLINICOS DE EVALUACION.....	180
10.8. ANALISIS ESTADISTICO .....	182
10.9. RESULTADOS .....	183
10.9.1. ANALISIS DESCRIPTIVO DE LOS PACIENTES .....	183
10.9.2. ALTURA VERTEBRAL .....	187
10.9.3. ALINEAMIENTO SAGITAL .....	262
10.9.4. DOLOR.....	272
10.9.5. ESCALA DE SATISFACCION-CALIDAD DE VIDA.....	282
10.9.6. INGESTA DE ANALGESICOS .....	283
10.9.7. ESTANCIA HOSPITALARIA.....	285
10.9.8. COMPLICACIONES.....	287
10.9.9. CASO CLINICO .....	289
11. DISCUSION .....	295
12. CONCLUSIONES .....	317
13. BIBLIOGRAFIA .....	321
14. INDICE DE FIGURAS .....	355
15. INDICE DE GRÁFICOS .....	361
16. INDICE DE TABLAS.....	367

## 1. INTRODUCCIÓN

Las fracturas articulares de las articulaciones diartrodiales (Fig.1a), articulaciones sinoviales con dos estructuras óseas cohesionadas por una cápsula articular de tejido fibroso con áreas especializadas denominadas ligamentos, han sido ampliamente estudiadas y tratadas a lo largo de la historia de la medicina.

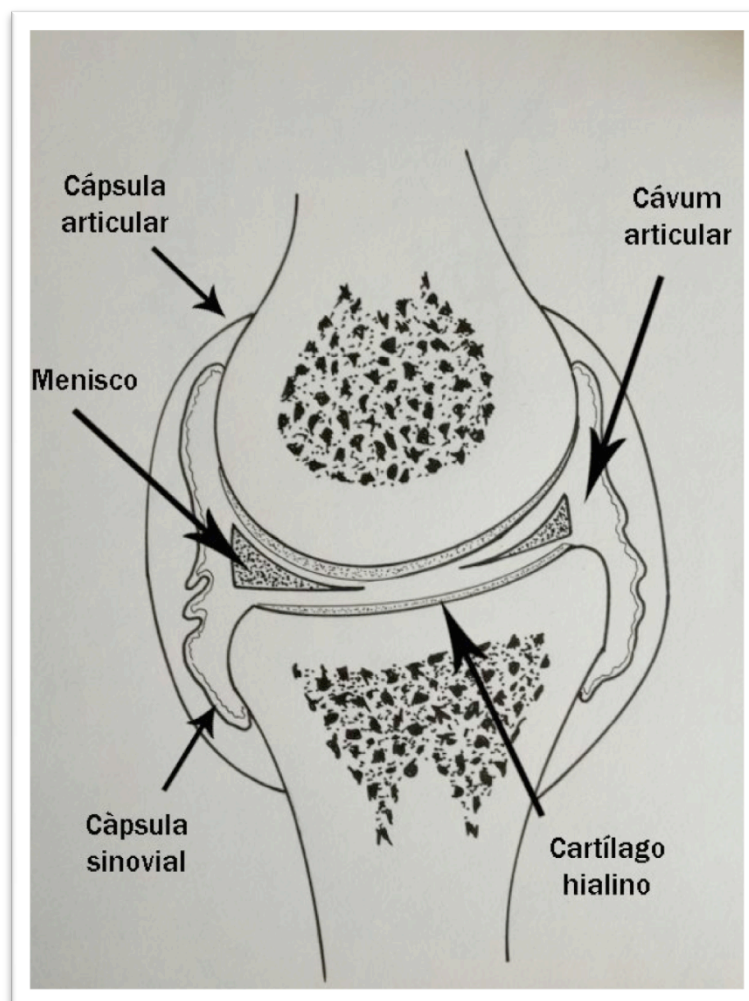


Fig.1a. Articulación diartrodial

Los extremos articulares de las dos estructuras óseas están recubiertos de cartílago hialino que ayuda a mejorar la movilidad articular así como a distribuir

las fuerzas sobre el hueso subcondral. (1,2,3,4). Del mantenimiento de unos extremos articulares sanos, así como sus elementos de unión, va a depender la biomecánica articular así como la resistencia a la carga cíclica de la misma. La ruptura de cualquiera de los elementos articulares generara una alteración de la función así como el inicio de procesos de artrofibrosis o artrosis. Cualquier alteración en la morfología articular va a afectar de forma inmediata a la estabilidad articular, generando dolor y pérdida del rango efectivo de movimiento.

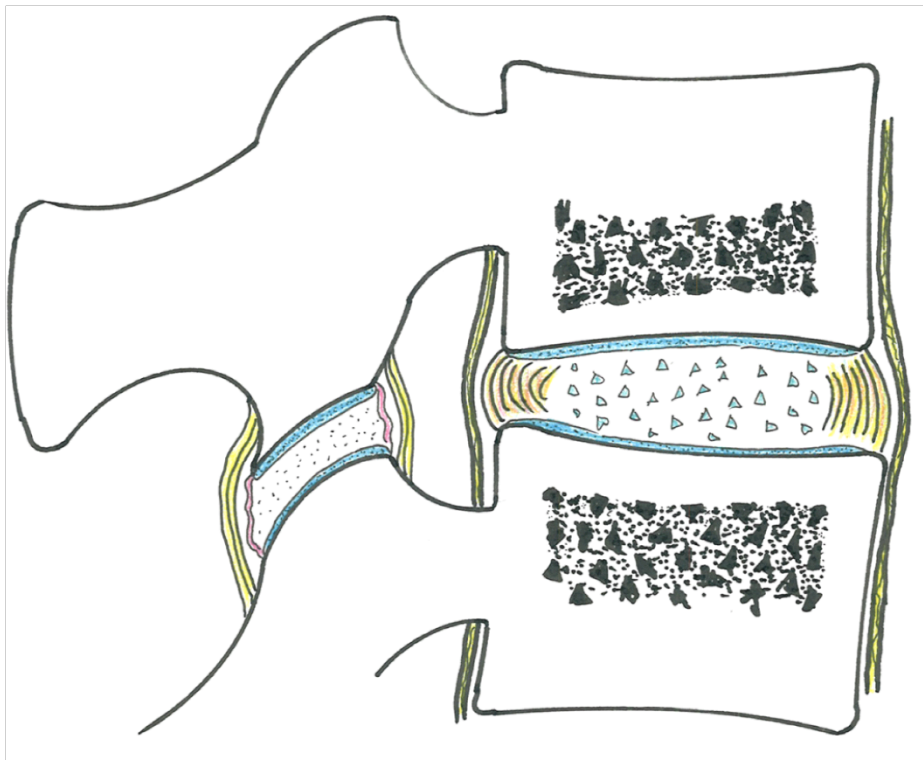


Fig.1b.El segmento móvil incluye 2 articulaciones sinoviales y una anfiartrosis



Por todos estos motivos y en base a la experiencia clínica, Charnely (1911-1982), (Fig. 2), en 1961 (5) propone como tratamiento de las fracturas articulares la restauración anatómica perfecta y la movilización precoz de la misma. Dichas premisas solo pueden ser obtenidas mediante la reducción de los fragmentos óseos y fijación interna de la fractura.

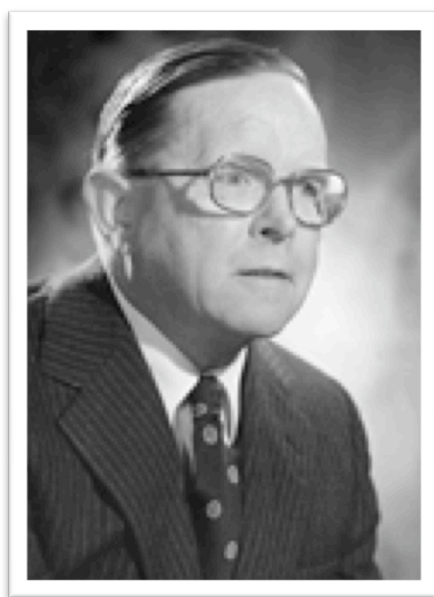


Fig.2. Sir John Charnley (Fotografía del Instituto Charnely)

Con las recomendaciones de Charnley (5), el grupo de AO elabora protocolos de tratamiento de todas las fracturas articulares excepto la columna vertebral, publicando los primeros resultados en 1979 (6), sentando los precedentes para el tratamiento de este tipo de fracturas, que posteriormente fueron revisados por Schatzker (7) en 1987 y finalmente establecidos los principios del tratamiento de las fracturas articulares:

1. Inmovilización de las fracturas articulares determina rigidez articular
2. Inmovilización de las fracturas articulares tratadas mediante reducción abierta y fijación interna determina mayor rigidez
3. Fragmentos articulares hundidos que no son reducidos mediante reducción cerrada y tracción, se encuentran impactados y no se reducirán mediante esos métodos.
4. Hundimientos articulares mayores no van a regenerarse y van a generar una inestabilidad articular permanente
5. Reducción anatómica y fijación estable de los fragmentos articulares es necesaria para mantener la congruencia articular
6. Movilización inmediata es necesaria para prevenir la rigidez articular, y permitir la curación articular y la recuperación. Esta actuación necesita una fijación estable

A lo largo de estas cinco décadas ha sido evidente la progresión en el tratamiento de las fracturas articulares diartrodiales, no existiendo el mismo desarrollo en las anfiartrosis, como la articulación disco-vertebral. (Fig.1b)

El diseño del trabajo se ha realizado en base a todos los antecedentes existentes, así como al objetivo a alcanzar. Se trata de un trabajo clínico prospectivo, de carácter clínico-quirúrgico-radiológico, cuyo ámbito poblacional de estudio radica sobre pacientes que presentan una patología traumática y sintomática de la columna vertebral en el área de salud del Hospital Clínico Universitario de Valladolid, cuya población de referencia son 270.000 habitantes.

Para ello los recursos necesarios involucran servicios de actuación quirúrgica, Cirugía Ortopédica y Traumatología, servicio centrales de imagen, Radiología, centros de análisis matemáticos, UHN-Toronto, así como servicio de análisis de datos a través de la Unidad de apoyo a la investigación del Hospital Clínico Universitario de Valladolid.



## 2. CONCEPTO DE FRACTURA VERTEBRAL

La definición de fractura vertebral y su clasificación, tanto en fracturas traumáticas como patológicas, lleva siendo un tema de controversia importante durante las últimas décadas debido a la extraordinaria complejidad de la estructura involucrada: **el raquis**.

### 2.1. RAQUIS CERVICAL

Si dividimos el raquis por regiones anatómicas y en función de los criterios de AO podemos sospechar o diagnosticar una fractura vertebral de alta energía en la región cervical en base a los siguientes criterios radiológicos: (8)

1. Pérdida de lordosis cervical fisiológica (Fig.3)
2. Incremento del espesor de las partes blandas prevertebrales, siendo su espesor normal inferior a 4mm en C4 e inferior a 15mm a nivel de C6 (Fig.4)
3. Incremento de la distancia interespinosa (Fig.3)
4. Pérdida de alineamiento de las apófisis espinosas (Fig.3)
5. Líneas de fractura en el cuerpo vertebral, masas laterales, pedículos o apófisis espinosas (Fig.3)
6. Fractura de la apófisis odontoides o de las masas laterales del atlas
7. Pérdida de alineamiento vertebral
8. Más de 11º de angulación o 3mm de traslación en cualquier nivel del raquis cervical (Fig.3)

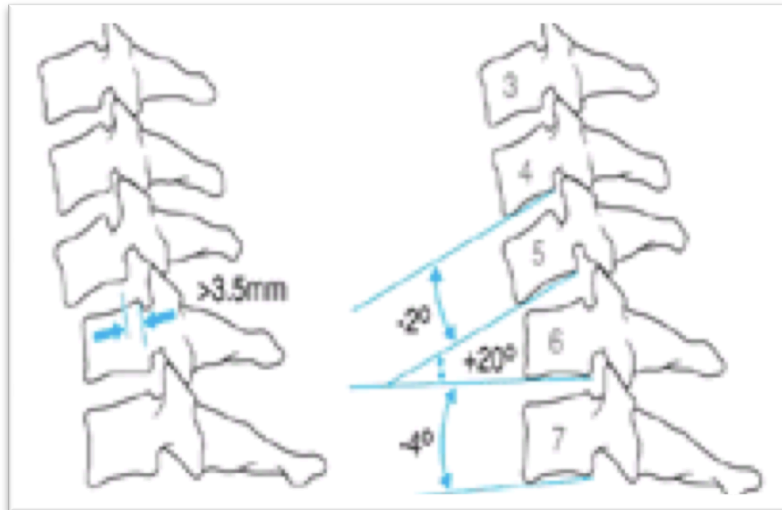


Fig.3. Criterios de fractura vertebral, basados en la inestabilidad, pérdida de alineamiento, incremento espacio interespinoso y angulación. (Bucholz RW. Lower cervical spine injuries. Philadelphia: WB Saunders, 1992: 707)

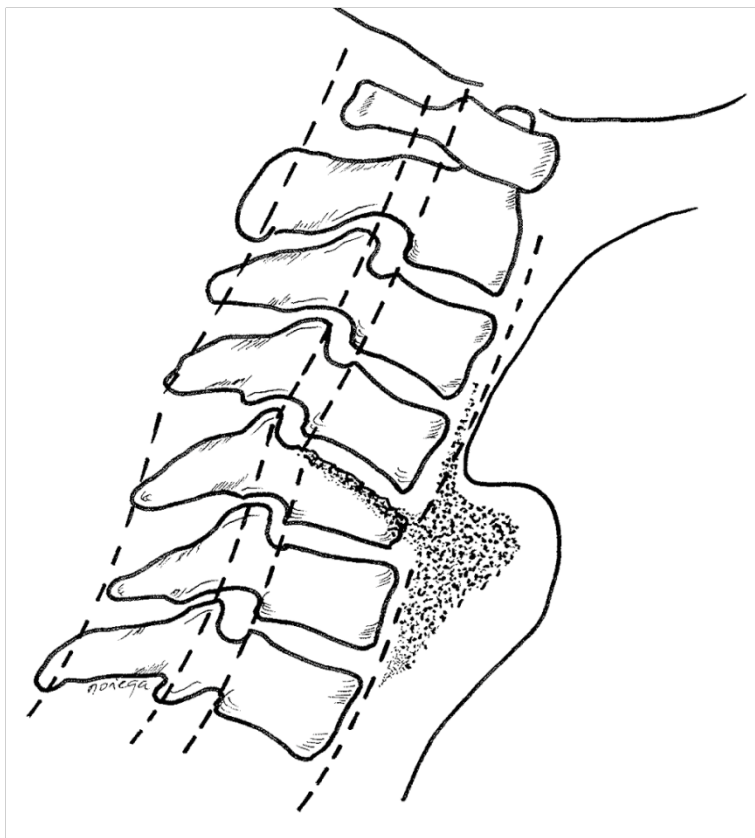


Fig.4. Tumefacción de partes blandas en región prevertebral y aumento espacio retrofaríngeo

## **2.2. RAQUIS DORSOLUMBAR**

Si nos referimos a la columna dorsolumbar existen criterios AO específicos para este área del raquis:

1. Pérdida de alineación vertebral.
2. Fractura del cuerpo vertebral, apófisis transversas o de los elementos posteriores. (Fig.5a)
3. Aumento de la distancia interespinosa. (Fig.5a)
4. Incremento de la distancia interpedicular. (Fig.5b)
5. Pérdida de altura vertebral, acunamiento vertebral e incremento de la cifosis locoregional. (Fig.5 a)

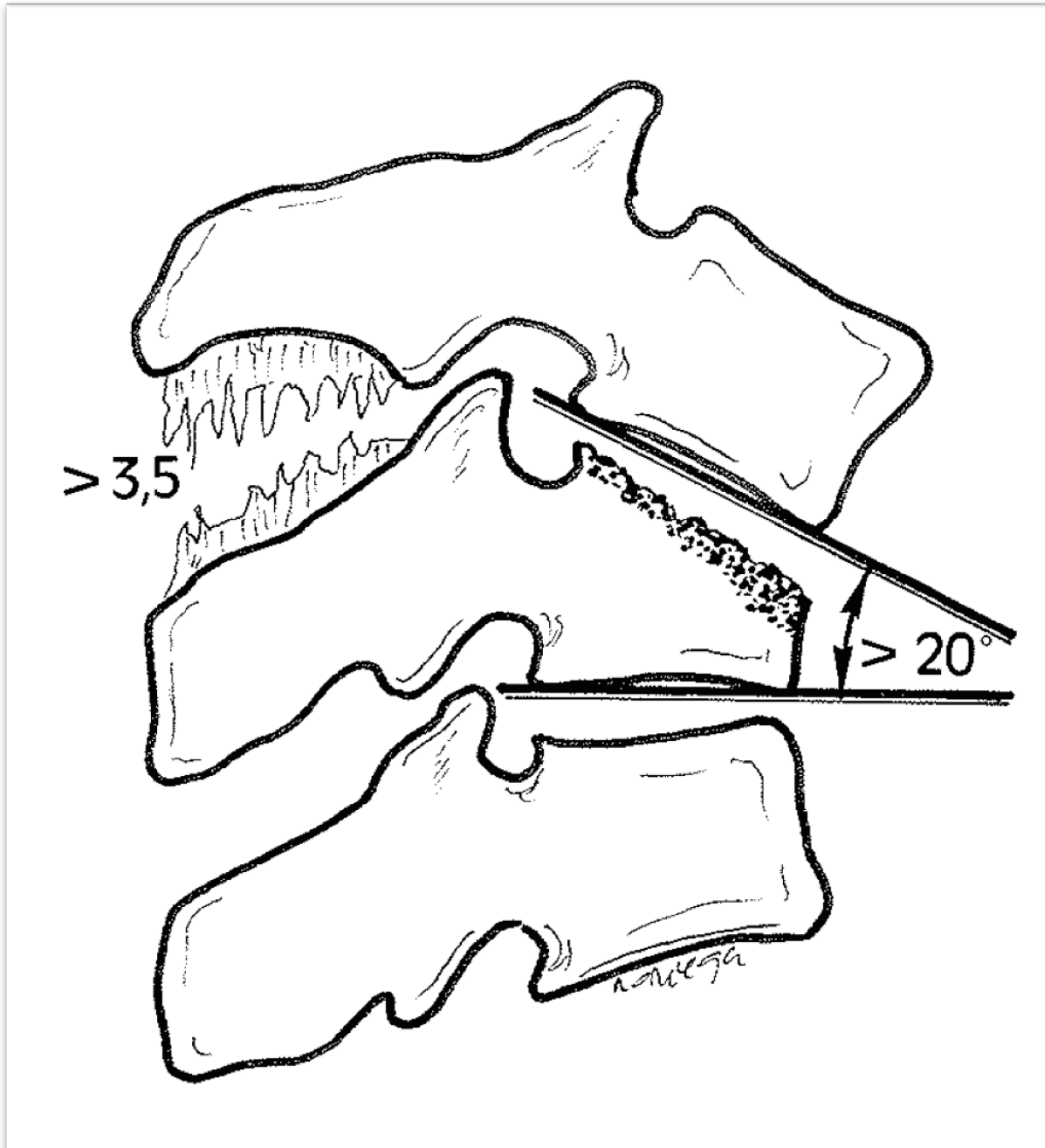


Fig.5a.Criterios radiológicos de fractura dorsolumbar: pérdida de altura del cuerpo vertebral, incremento de la cifosis, rotura ligamento interespinoso, aumento distancia interespinosa



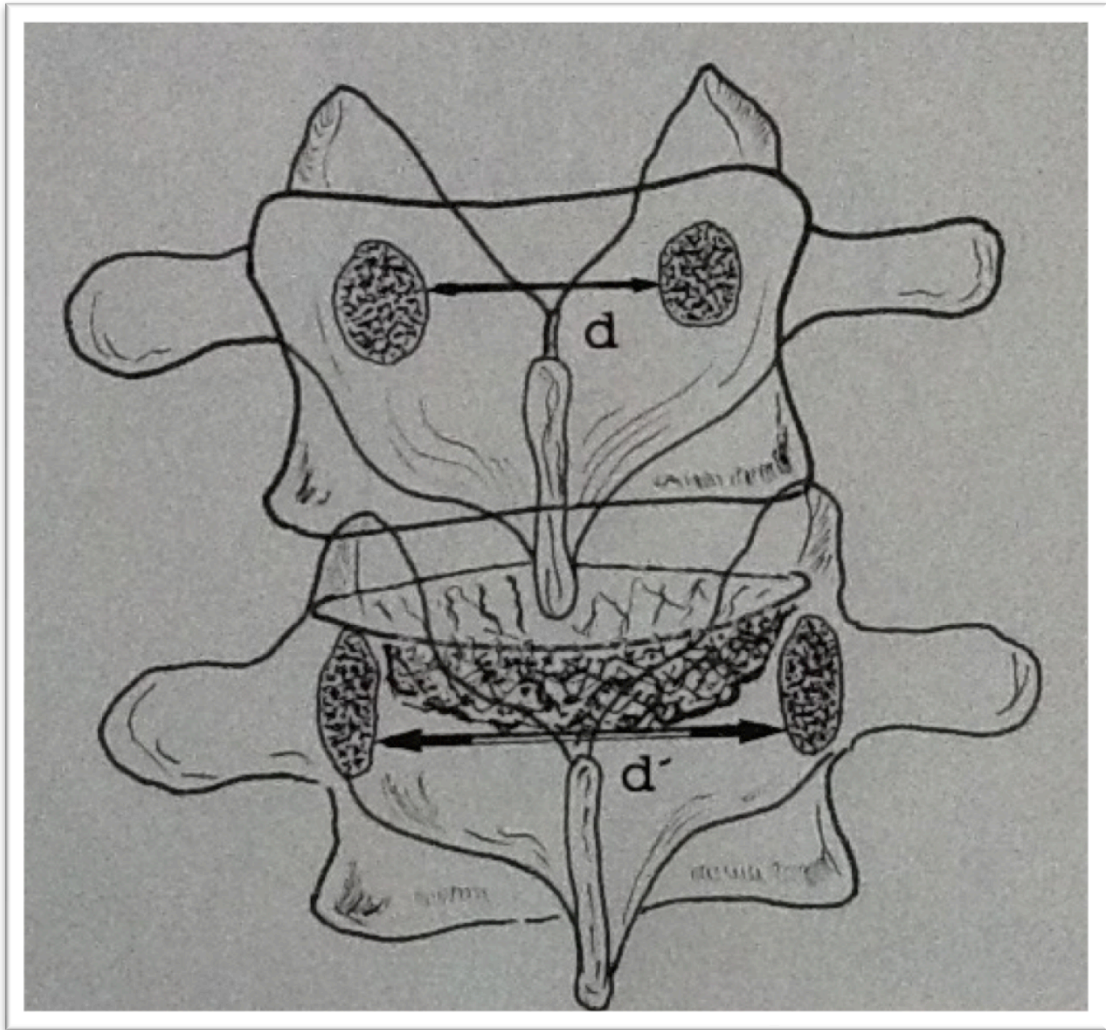


Fig. 5 b. Criterios radiológicos de fractura vertebral dorsolumbar: incremento distancia interpedicular

El objetivo de esta tesis radica únicamente en las definidas como fracturas vertebrales por compresión del cuerpo vertebral en la región toracolumbar y no en aquellas fracturas con lesiones del complejo posterior o luxaciones asociadas, con el fin de valorar la posibilidad de restauración anatómica del cuerpo vertebral, que permita mantener la función mecánica de las distintas estructuras anatómicas, y por tanto hemos utilizado una clasificación de tipo morfológico, la clasificación de Magerl (Fig.6) para evaluar el grupo de pacientes. (9)

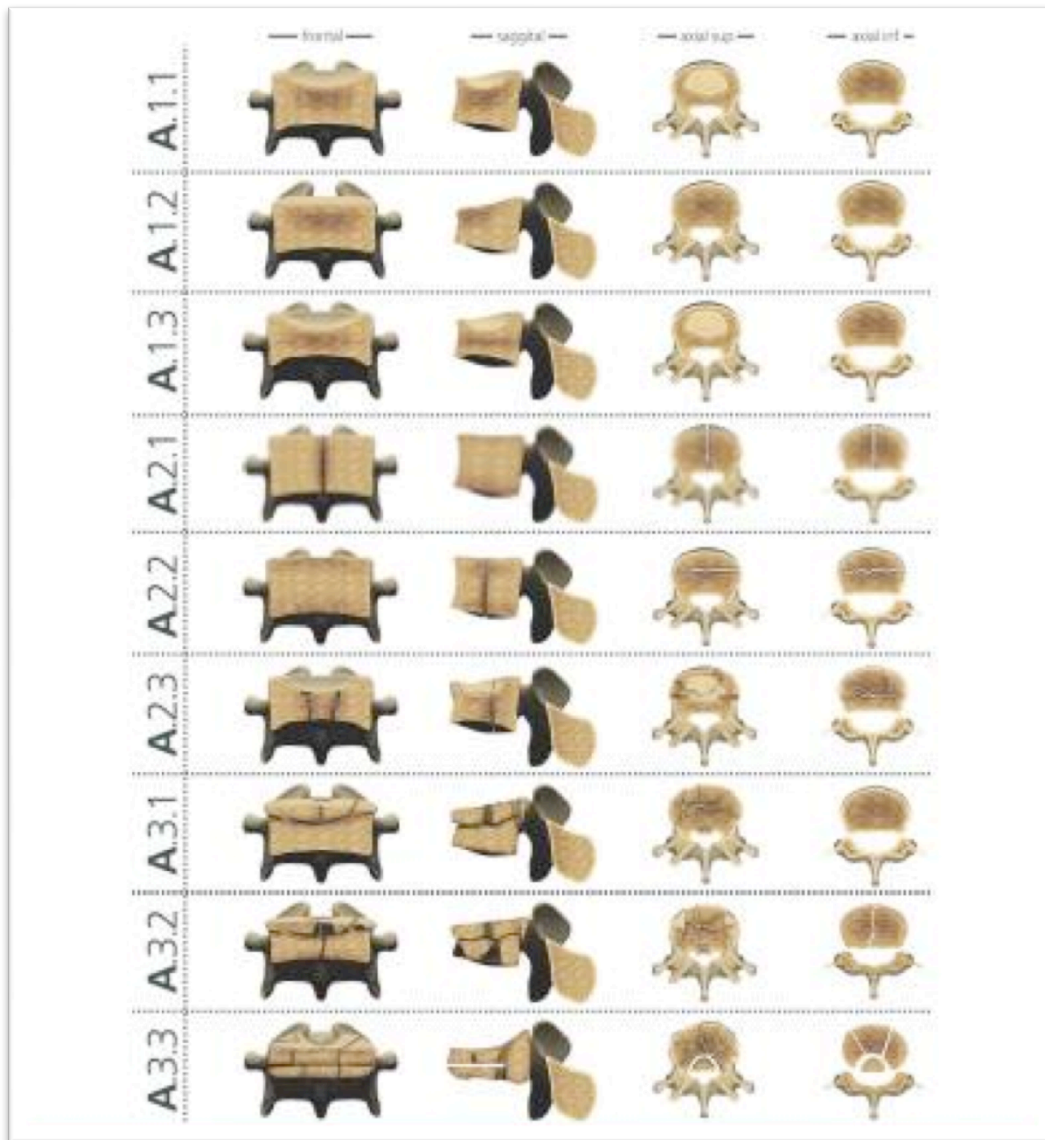


Fig.6. Clasificación Magerl. Fracturas tipo A

La clasificación de Magerl, (9) introducida por AO en 1994, es una clasificación basada en el daño morfológico y en el mecanismo de producción. Divide en 3 grupos, A, B y C las fracturas, siendo las fracturas vertebrales por compresión el grupo A, con afectación únicamente del cuerpo vertebral y se subdividen en:

- A1: son fracturas con impactación como las fracturas en cuña o bicóncavas. (Fig.6)
- A2: son las que presentan fragmento coronal o sagital. (Fig.6)
- A3: fracturas por estallido. (Fig.6)

Magerl (9) expone una clasificación morfológica vertebral y por mecanismo de producción, de gran utilidad para la evaluación prequirúrgica, pero sin hacer mención a valores de referencia y basándose en análisis bidimensionales o uniplanares, el cual es el mismo tipo de análisis sobre el que se ha fundamentado durante las últimas décadas el concepto de fractura vertebral por compresión, la pérdida de la altura vertebral. (9,10-18)

Siendo esta medida monoplanar de la altura la única forma de valoración en los estudios radiológicos de imagen disponibles (Fig.7), es fácilmente comprensible que la estructura vertebral tratándose de un elemento tridimensional volumétrico, así debería ser tratado en su definición y en su enfoque terapéutico para fracturas vertebrales traumáticas (Fig.8) , tanto de alta como de baja energía.



Fig.7. Evaluación radiológica de fractura vertebral. No permite valorar lesión del platillo vertebral

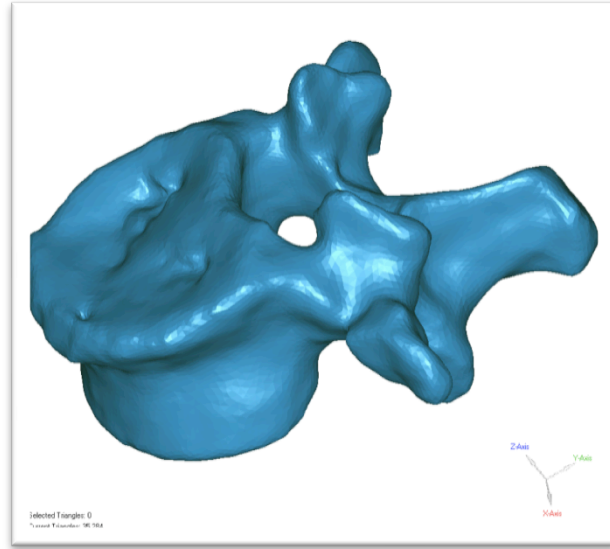


Fig.8. Reconstrucción 3D de la misma fractura donde se aprecia una severa lesión del platillo vertebral con hundimientos de 4.8mm

Así mismo en el caso de fracturas vertebrales patológicas, hasta la actualidad todos los métodos de definición han estado basados en la altura vertebral medida en un solo plano, de forma análoga a los métodos expuestos anteriormente. (9,10-22)

Teniendo en cuenta estos parámetros utilizados hasta la actualidad y la estructura anatómica involucrada, para poder definir un fractura vertebral es necesario hacer una revisión de los distintos métodos de medida utilizados en las distintas publicaciones científicas durante años con el fin de entender que es una fractura vertebral y así poder enfocar de forma correcta el tratamiento adecuado.

Los primeros intentos para medir las deformidades vertebrales fueron hechos por Nordin en 1960 (10), utilizando la altura vertebral de la región central de la vértebra lumbar mejor centrada como referencia y dividiéndola por la altura

anterior del mismo cuerpo vertebral, una vez obtenido este dato lo multiplicaba por 100 y obtenía un valor numérico y basado en el concepto de altura vertebral del anillo cortical medido en radiología simple.

Hurxthal (11) en 1968 propuso medidas en valores absolutos de la altura vertebral pero ponía en antecedentes de los fallos potenciales existentes, utilizando dicho método de medida únicamente para el diagnóstico de las fracturas vertebrales y nunca para aquellas fracturas patológicas progresivas.

Briefly (12) dibujaba líneas sobre las imágenes radiológicas simples, para posteriormente digitalizarlas, con el fin de calcular tres alturas en cada vértebra, la altura anterior, altura línea media y la altura posterior del cuerpo vertebral. En ningún caso hablaba del platillo vertebral ni de otras estructuras de la vértebra que podrían tenerse en consideración en una fractura vertebral por compresión.

Melton (13) utilizó una serie de ratios entre las distintas alturas vertebrales, anterior, media y posterior, definiendo a partir de estas medidas unos porcentajes a partir de los cuales y comprando con las alturas vertebrales normales consideraba la existencia de una fractura vertebral por compresión.

Posteriormente y basándose en el método de Melton, Eastell (14) le modifica de tal forma que definiendo una desviación estándar tres veces inferior al valor medio consideraba una vértebra deformada, e incluso habla de grados de severidad de la fractura en función de la desviación estándar del coeficiente obtenido para los distintos tipos morfológicos, pero siempre basándose en criterios de altura

vertebral medida en radiología simple. En la publicación de la modificación de los métodos de medida (22), Eastell expresa la dificultad existente en comparar los datos con una vértebra concreta como la T4, o en datos absolutos de altura vertebral, si bien deja claro la evidente dependencia de los mismos con la altura del individuo. Es por eso que tratando de abarcar todos los posibles tipos de fracturas, y sabiendo la dificultad existente propone la modificación de los métodos previos, pero única y exclusivamente basándose en datos de altura vertebral, lo cual y como se puede extraer de sus conclusiones ya presupones que es insuficiente por la dificultad de definir distintas morfologías vertebrales con una única dimensión del espacio. Es evidente que en las fracturas con concavidad o lesión del platillo vertebral existen grandes dificultades para cuantificar mediante una única medida este tipo de fracturas de forma adecuada.

Eastell concluye en la necesidad de búsqueda de un método que permita su uso tanto en práctica clínica diaria como a nivel de estudios clínicos de investigación con el fin de poder realizar comparaciones entre los mismos

Avanzando más en los distintos métodos de medida de la altura vertebral, y únicamente en la altura vertebral McCloskey (15) introdujo unos valores predeterminados de altura de la pared posterior, calculando unos ratios en función de diferentes coeficientes de altura vertebral anterior, altura posterior y altura posterior esperada según los cuales se podía definir una fractura vertebral. Ya el propio McCloskey emite una nota posterior para retirar la referencia que hacía en su artículo a los acñaamientos posteriores.

En 1991 Peter Sauer (16) realiza una comparación de distintos métodos de medida, todos ellos basados en la altura vertebral.

Sauer realiza un análisis de la situación para definir y cuantificar las fracturas vertebrales reconociendo que los métodos existentes son arbitrarios, así como que los resultados obtenidos por ellos presentan una variabilidad en cuanto a definir los criterios de una vértebra normal, por lo que difícilmente podrán explicar la situación de una vértebra fracturada.

Los cuatro métodos analizados por Sauer son:

1. Hedlund and Gallagher: dicho método utiliza para definir fractura vertebral, el ángulo vertebral, el porcentaje de reducción de la altura anterior comprada con la posterior, la comparación de la altura vertebral anterior con la de la vértebra adyacente. (17)
2. Melton: utiliza el cociente entre altura anterior y posterior, altura media y posterior o altura posterior de dos vértebras adyacentes. (13)
3. Davies: define la fractura en función del ángulo de la vértebra y de la altura posterior de la misma. (18)
4. Método de los valores de altura vertebral relativos: mide alturas vertebrales desde T5-L5 y los divide por las respectivas alturas vertebrales de T4. (19)

Como conclusión, Sauer (16) define el Índice de deformidad de la columna (SDI) como fiable en cuantificar la deformidad osteoporótica vertebral. Si bien sabemos

que está basado únicamente en datos de altura vertebral, siendo su variabilidad grande intraobservador e interobservador.

En 1995 Dennis Black (20) en su estudio de las fracturas osteoporóticas menciona la gran dificultad de comparar fracturas vertebrales debido a la ausencia de un “gold-standard” de referencia para definir las deformidades vertebrales. Dicho problema no es solo un tema para cualquier análisis o estudio sobre las fracturas vertebrales o deformidades vertebrales sino que también lo es para la práctica clínica diaria.

Black realiza un estudio epidemiológico sobre 9704 mujeres de raza blanca y para definir la morfometría vertebral utilizado un sistema de digitalización, pero aquellas medidas utilizadas fueron la altura vertebral anterior, media y posterior de trece vértebras de cada paciente siendo definidas las deformidades vertebrales en base a variaciones de los cocientes de altura vertebral y en ningún caso evalúa la estructura tridimensional de la vértebra ni el platillo vertebral como elemento importante dentro de la estructura vertebral. Posteriormente en 1999 (12) realiza un estudio sobre la importancia de la prevalencia de las deformidades vertebrales en la predicción de fracturas de cadera, de columna y de muñeca, en dicho estudio utiliza ratios de medida basados en la altura anterior, media y posterior. Dichos ratios, basados en los métodos de Melton/Eastell modificados, se consideran patológicos cuando existen tres desviaciones estándar con respecto a la media para el nivel vertebral afectado, o cuando existe una pérdida de altura superior al 20% o a 4mm en la altura anterior, media o posterior de cualquier cuerpo vertebral.



Utilizando estos ratios, en 2005, Fink y Black (23) publican la dificultad para obtener una buena correlación entre el diagnóstico clínico y radiológico de las deformidades vertebrales basado únicamente en las deformidades vertebrales. Es por esto que la definición de fractura vertebral aplicando únicamente criterios de deformidad vertebral basada en la altura vertebral va a generar un elevado número de falsos positivos con respecto a las fracturas vertebrales sintomáticas.

En base a la capacidad tecnológica existente, medidas radiológicas simples, se definía en todas las publicaciones científicas la fractura vertebral por compresión como la pérdida de altura del anillo cortical medido en proyección radiológica lateral, pero a pesar de todos los esfuerzos realizados por los distintos grupos de trabajo, especialmente en el grupo de fracturas vertebrales con base osteoporótica no existe consenso para definir criterios claros de una fractura vertebral. (21)

En 2009, F. Grados (21), tratando de unificar criterios diagnósticos evalúa las ventajas-desventajas, reproducibilidad y su indicación de uso en la práctica clínica diaria, en estudios epidemiológicos y en ensayos clínicos, elaborando criterios para el uso de cada uno de estos métodos. (Tabla1)(21)

	Ventajas	Desventajas	Reproducibilidad	Uso Rutinario	Uso Epidemiológico	Uso Ensayos clínicos
Análisis visual subjetivo	Simple	Subjetivo	Mala	Si	No	No
Método Genant	Simple Predice fracturas adyacentes DD	Precisa experiencia y entrenamiento	Muy buena	Si	Si	Si
Método Jiang	Simple DD	Pendiente de validación	Buena	Si	No	No
Radiografía Morfométrica	Medida objetiva altura vertebral Predice fracturas adyacentes	Tedioso No DD	Buena	No	Si (precisa valoración cualitativa)	Si
Rx por absorciometría de energía dual	Medición simultanea de masa ósea Menor radiación Menor coste	No DD Mala visualización de región torácica	Intermedia	Si	Si	No

Tabla1. Análisis de los métodos de medida radiológica comúnmente utilizados.

En base a todos los datos obtenidos en publicaciones, tanto de fracturas traumáticas de alta energía como de fracturas osteoporóticas de baja energía, el método de elección para diagnosticar un fractura vertebral por compresión o tipo A es la perdida de altura vertebral en la vista de perfil en radiología simple. Dicho método diagnostico es ineficaz a la hora de evaluar lesiones del platillo vertebral con menor daño a nivel de la cortical vertebral, minusvalorando una estructura de extraordinaria importancia biomecánica como es el platillo vertebral. Los métodos de medida utilizados, en este estudio, para medir la estructura tridimensional de la vértebra nos permiten definir la deformidad existente en el platillo vertebral y por tanto incorporar variaciones aisladas en dicha estructura al concepto de fractura

vertebral y no solo analizando la altura vertebral del anillo cortical vertebral. Así podremos apreciar en el análisis de los resultados como la valoración del platillo vertebral es factible y por otra parte necesaria para poder entender los problemas derivados de su no restauración como ya mencionan Tzermiadimos en 2008 y Oner en publicaciones de una década anterior. (24,25)



### 3. HISTORIA DEL TRATAMIENTO DE LA FRACTURA VERTEBRAL

#### 3.1. HISTORIA DE LA FRACTURA VERTEBRAL EN LA ANTIGÜEDAD

Los primeros escritos sobre patología vertebral datan de la época del imperio griego, 2.500 años antes de Cristo. (26) De acuerdo con Platón, fue Asklepios (Fig.9) el primero que planteó la medicina como una ciencia. De esa época data el primer conocimiento escrito del tratamiento de un paciente parapléjico, descubierto en un grabado en piedra en Epidauro. (Fig.10)(27,28)

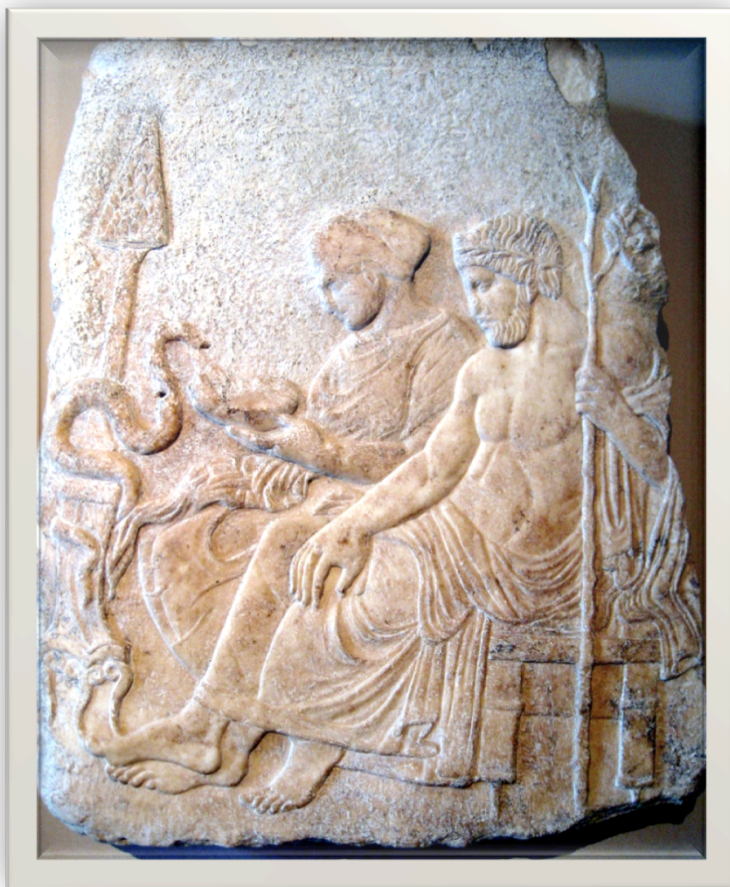


Fig.9. Asklepios y su hija. (Wikipedia.org)



Fig.10. Anfiteatro de Epidauro

La primera descripción del tratamiento de una fractura vertebral cervical ha sido encontrada en el papiro de Smith, 1550 AC. El tratamiento consistía en reposo en cama con aplicación de vendajes sobre las heridas. Estos tratamientos eran realizados por los monjes que en aquella época tenían conocimientos profundos en el tratamiento de lesiones en distintos órganos. (29)

Pero las referencias históricas en cuanto al conocimiento humano científico de las fracturas vertebrales datan de la época de Hipócrates en el siglo V antes de Cristo. Hipócrates de Cos (460-390B.C.) fue uno de los más eminentes médicos de la antigüedad siendo reconocido como el padre de la medicina científica (Fig.11), habiendo dejado una herencia tanto en conocimiento como en metodología que abarca todos los campos de la medicina. (30)

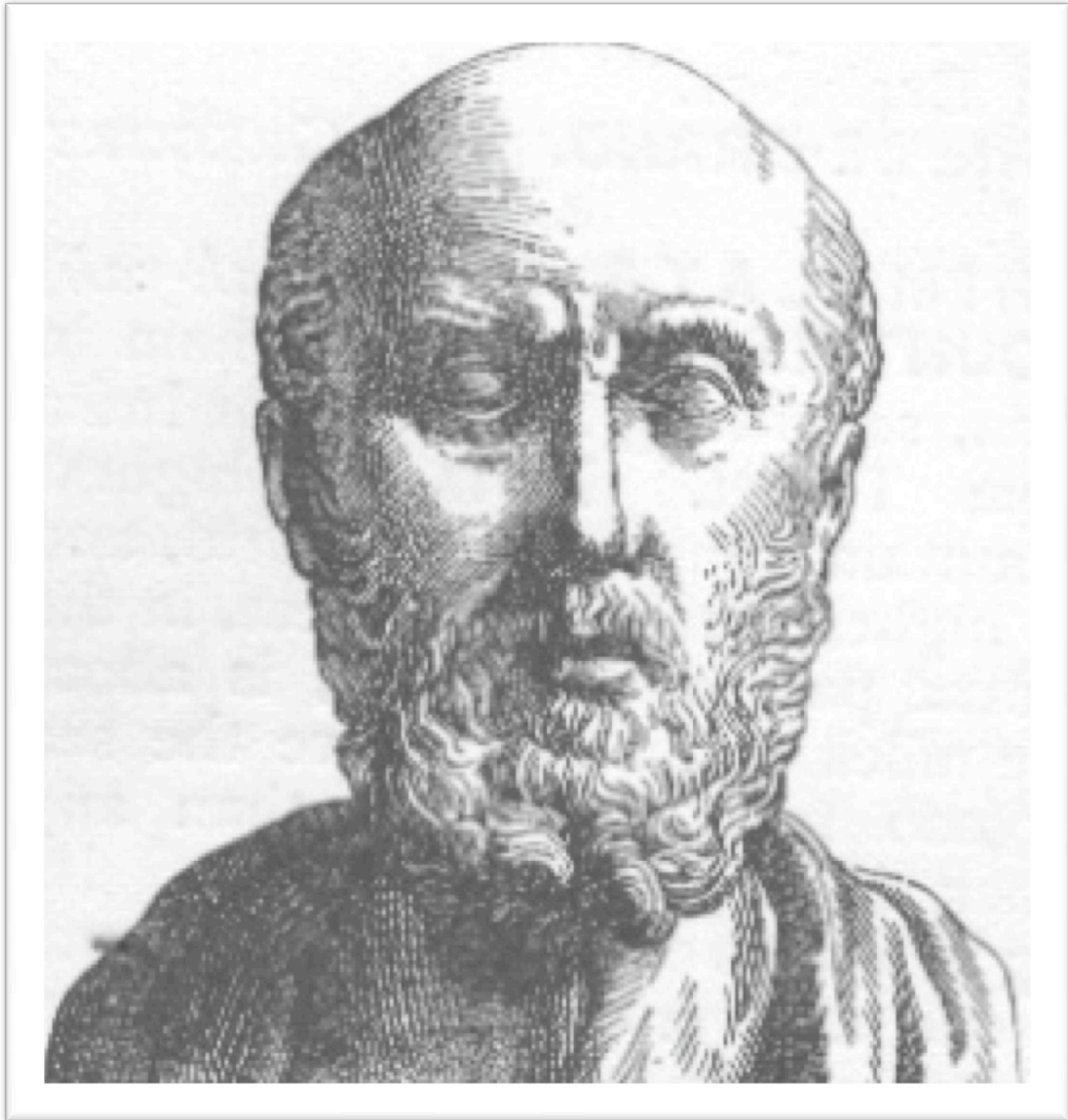


Fig11. Hipócrates de Cos (460-390 B.C.)

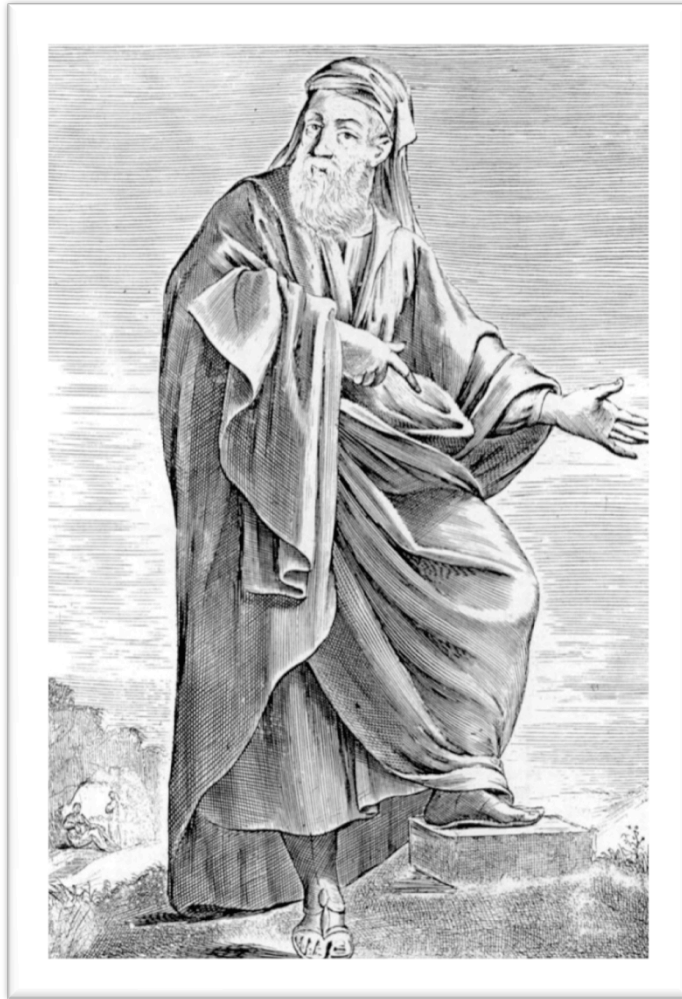


Fig.12. Empédocles.

En los siglos V-IV antes de Cristo la anatomía de la columna vertebral se hipotetizaba, no existía la posibilidad de la disección cadavérica en la antigua Grecia, como proponía Empédocles (Fig.12) (28,31) que la columna era una pieza rígida y que posteriormente se rompía en diferentes piezas gracias a los movimientos del cuerpo. Otros como Platón proponían una intervención divina a la hora de la creación de una columna vertebral flexible. (26) A pesar de todas estas creencias divinas Hipócrates rechazó por completo la intervención divina en la formación de la columna vertebral y llegó a hacer una magnífica descripción de la misma en su libro "On Nature of Bones". (Fig.13) (32)



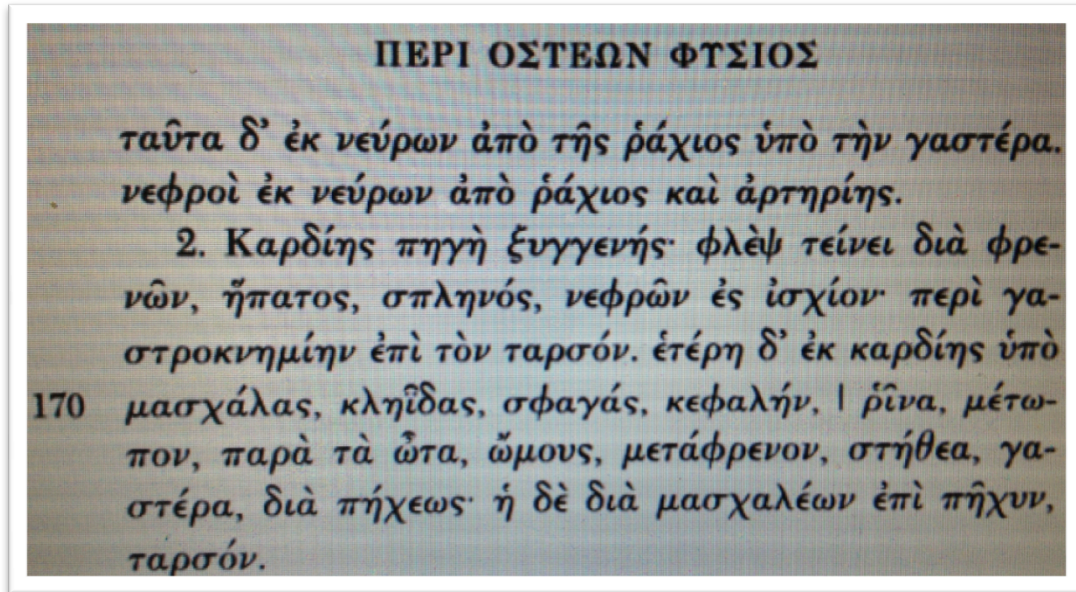


Fig.13. Imagen "Nature of Bones"

Hipócrates, gracias a sus estudios y metodología científica, consideró que el conocimiento de la anatomía y de las distintas curvaturas del raquis, a las que denominó "ithiscoliosis", era esencial para cualquier médico previamente a la comprensión de cualquier patología o enfermedad de la misma. Galeno en el siglo II antes de Cristo criticó de forma expresa a los médicos por su ignorancia en las estructuras vertebrales. (33-36)

En su tratado de las fracturas, una de las piezas más importantes de toda la colección Hipocrática, se puede observar la magnitud que concede al problema de las deformidades vertebrales al dividir las enfermedades de la columna vertebral en cinco grupos: (36)

1. Cifosis como resultado de una enfermedad o una lesión vertebral.
2. Escoliosis.
3. Contusión.
4. Luxación vertebral.
5. Fracturas de las apófisis espinosas

La cifosis postraumática, como la describe Hipócrates, ocurre a consecuencia de una caída sobre los hombros o sobre la región glútea. Concluye que son lesiones con un curso clínico moderado y excepto las deformidades las complicaciones son menores no generando alteraciones vitales. (36)

Así Hipócrates desarrolló diferentes métodos para el tratamiento de la patología vertebral, pero sin duda alguna mostró especial interés por la corrección de las curvaturas vertebrales. Desarrolló instrumentos para la reducción de las fracturas y diferentes instrumentos o máquinas para corregir y controlar las deformidades, tales como el Scammnun o tablero hipocrático (Fig.14) o la escalera Hipocrática (Fig.15), la cual fue desarrollada expresamente para reducir las deformidades vertebrales. Para conseguir la reducción, si la deformidad postraumática se encontraba en niveles vertebrales caudales al paciente se le colgaba invertido en la escalera y se le sometía a un balanceo, en cambio si la deformidad estaba situada a nivel de los segmentos más craneales se le colgaba en la posición natural, siendo dichas conclusiones basadas en una observación profunda de las lesiones postraumáticas y de sus consecuencias (28,32,36)

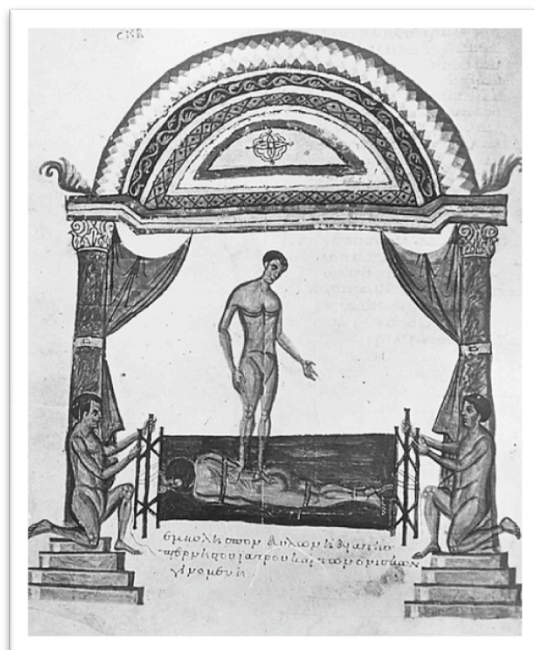


Fig.14. Tablero Hipocrático (Spine 1999 24 (13):1381.)

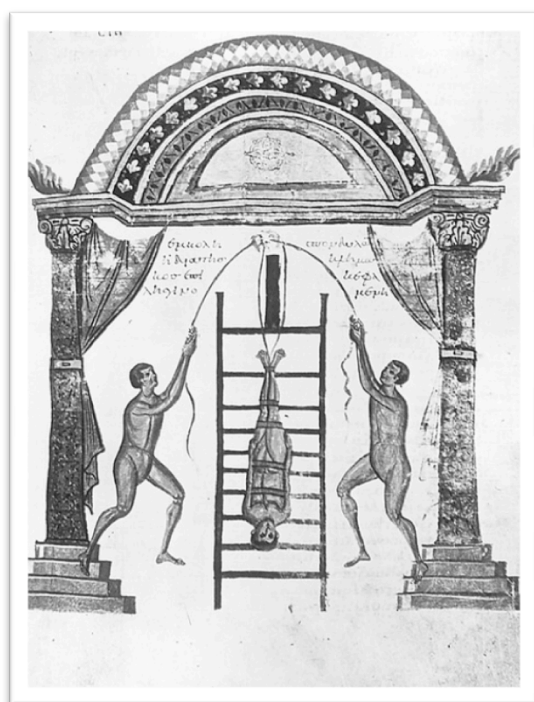


Fig.15. Escalera Hipocrática. (Spine 1999; 24(13):1381.)

La idea de usar tracción en el eje axial (Fig.16) para reducir las deformidades postraumáticas no era nueva, existen referencias de la antigüedad Hindú (3.500-

1.800 años antes de Cristo), sin embargo fue Hipócrates el primero en desarrollar dispositivos basados en ese principio físico. (37)



Fig.16.Método de tracción axial en la antigüedad

Posteriormente, Galeno de Pérgamo (129,131-210,213 D.C.)(38), el segundo médico más famoso de la Grecia antigua, ahondó en los trabajos de Hipócrates, desarrollando un modelo pionero para el estudio de la anatomía descriptiva de la columna vertebral. (39)

La mayoría del trabajo de Galeno se presenta en su libro de comentarios de la obra Hipocrática. (40) En él describe las diferentes deformidades de la columna vertebral, a las que clasifica en 3 tipos diferentes (Fig.17):

1. Cifosis: desplazamiento anterior.
2. Lordosis: desplazamiento posterior.
3. Escoliosis: desplazamiento lateral.

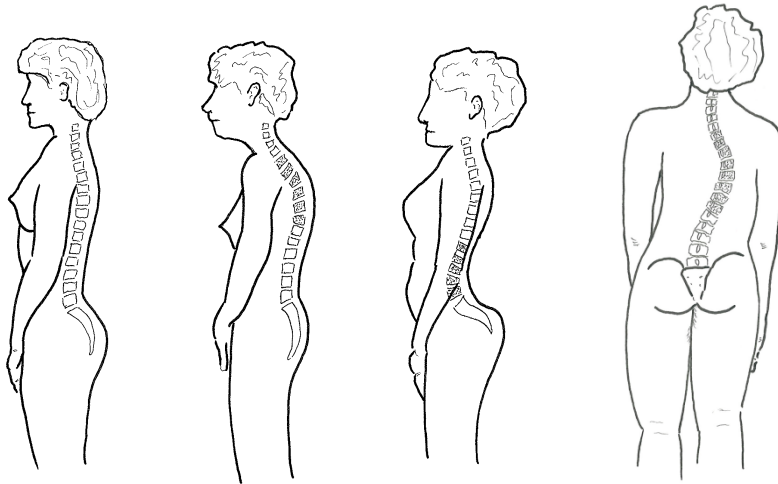


Fig.17. Deformidades según Galeno.

Insiste, al igual que Hipócrates, que un buen conocimiento de la anatomía vertebral es un prerequisite para su tratamiento de tal manera que en sus tratados médicos, al igual que Hipócrates hace una profunda descripción de las vértebras, los discos intervertebrales, musculatura paravertebral, ligamentos y estructuras neurológicas. (40)

Las ideas de Galeno sobre las fracturas vertebrales coincidían de forma notable con Hipócrates (Fig.18), en cuanto a la importancia de la deformidad residual, profundizando en distintos métodos de reducción en función del tipo de fractura vertebral. (Figs.19,20) (29)



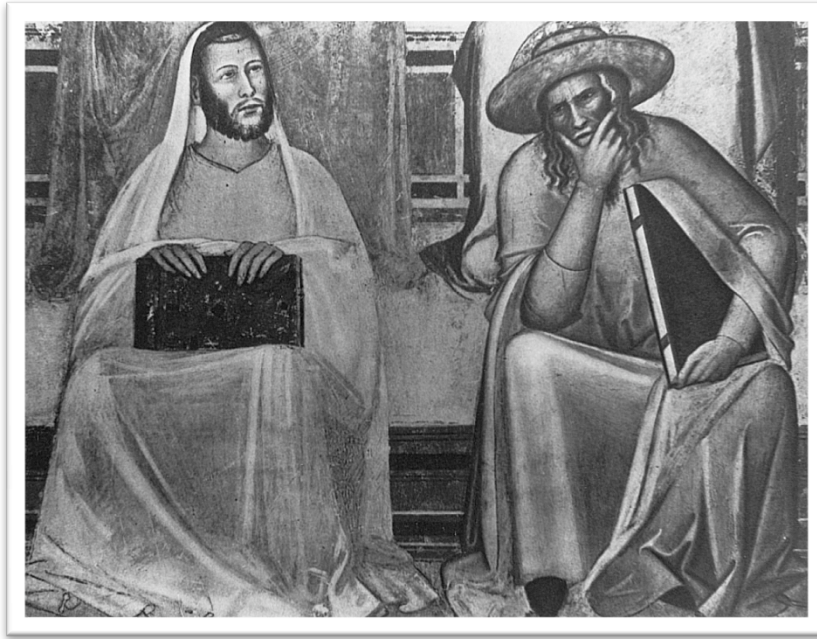


Fig.18.Hipócrates y Galeno. Fresco de Taddeo Gaddi, Santa María Novela, Florencia, Italia. (Spine. 1999;24 (22):2359.)

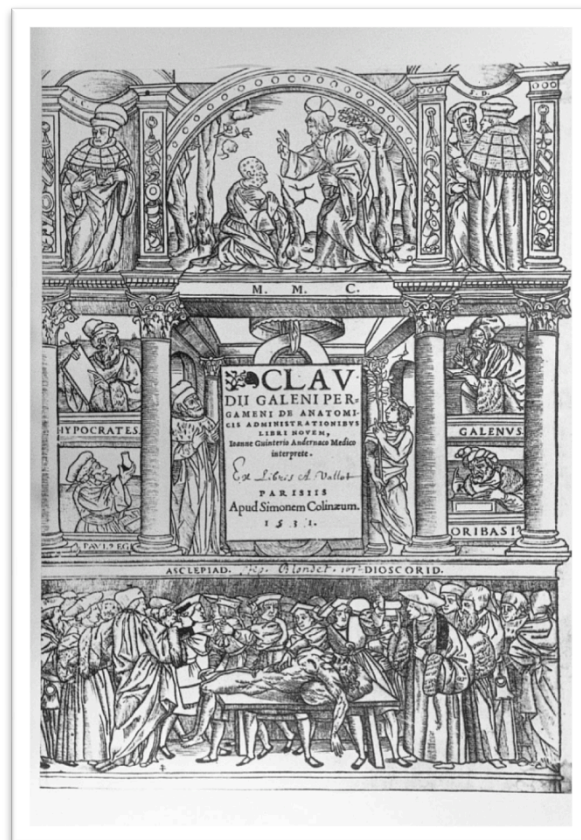


Fig.19. Edición latina de los trabajos de Galeno. De anatomicis administrationibus. (Spine. 1999; 24 (22):2359.)

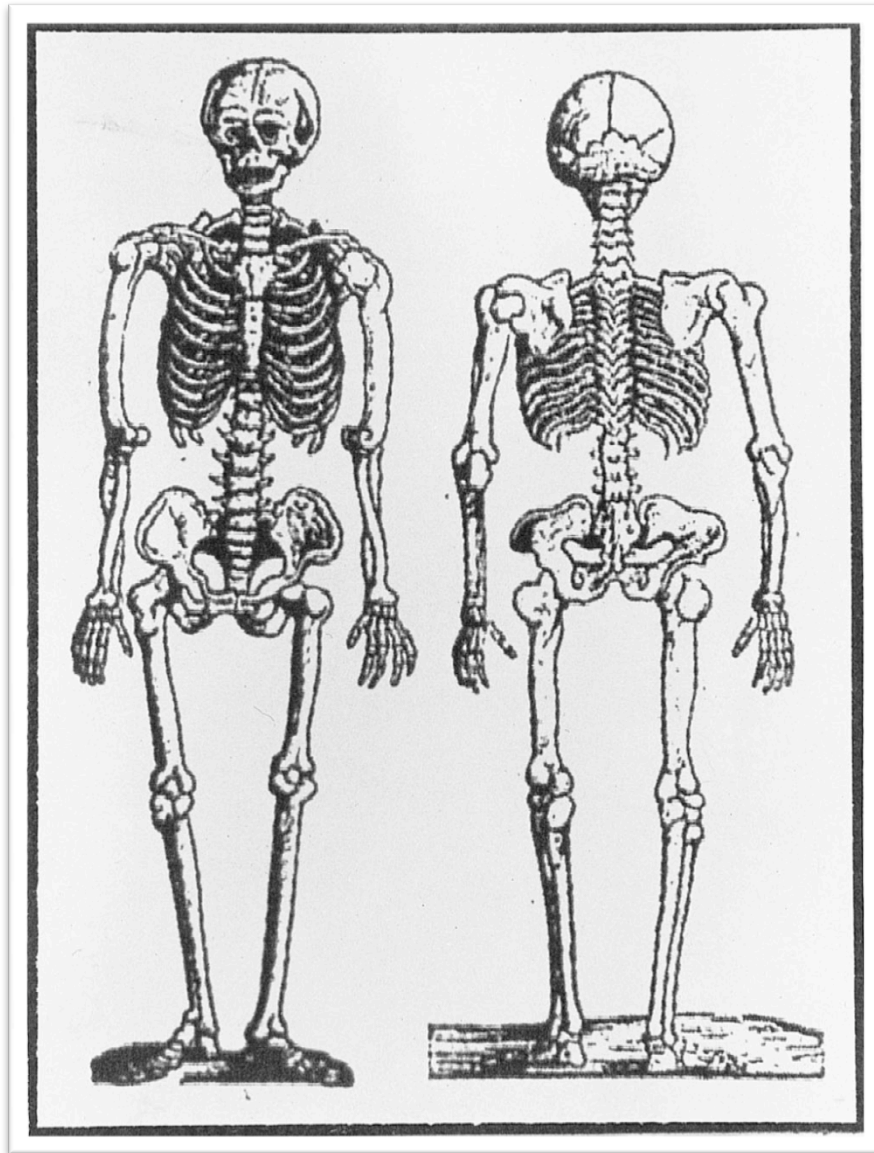


Fig.20. Visión dorsal y ventral del esqueleto humano según Galeno (Spine.1999;24(22):2359.)

### 3.2.ÉPOCA PREMODERNA

Todos estos tratados de la antigüedad nos reflejan de qué manera la experiencia, observación y el razonamiento humano ya por entonces eran capaces de entender cuán importante era la reducción de las deformidades vertebrales, sin importar su etiología, para evitar la aparición de morbilidades asociadas. Los principios aplicados entonces de tracción, extensión y presión siguen vigentes en el manejo conservador de este tipo de lesiones con métodos y dispositivos más modernos, incluso los métodos propugnados por Hipócrates, Celso y Galeno fueron enseñados hasta el siglo XVI, en el cual Ambrosio Paré describía la reducción de la columna vertebral mediante la suspensión del paciente, siendo el primero en desarrollar corset metálico para la corrección de las deformidades de la columna vertebral.

(41)

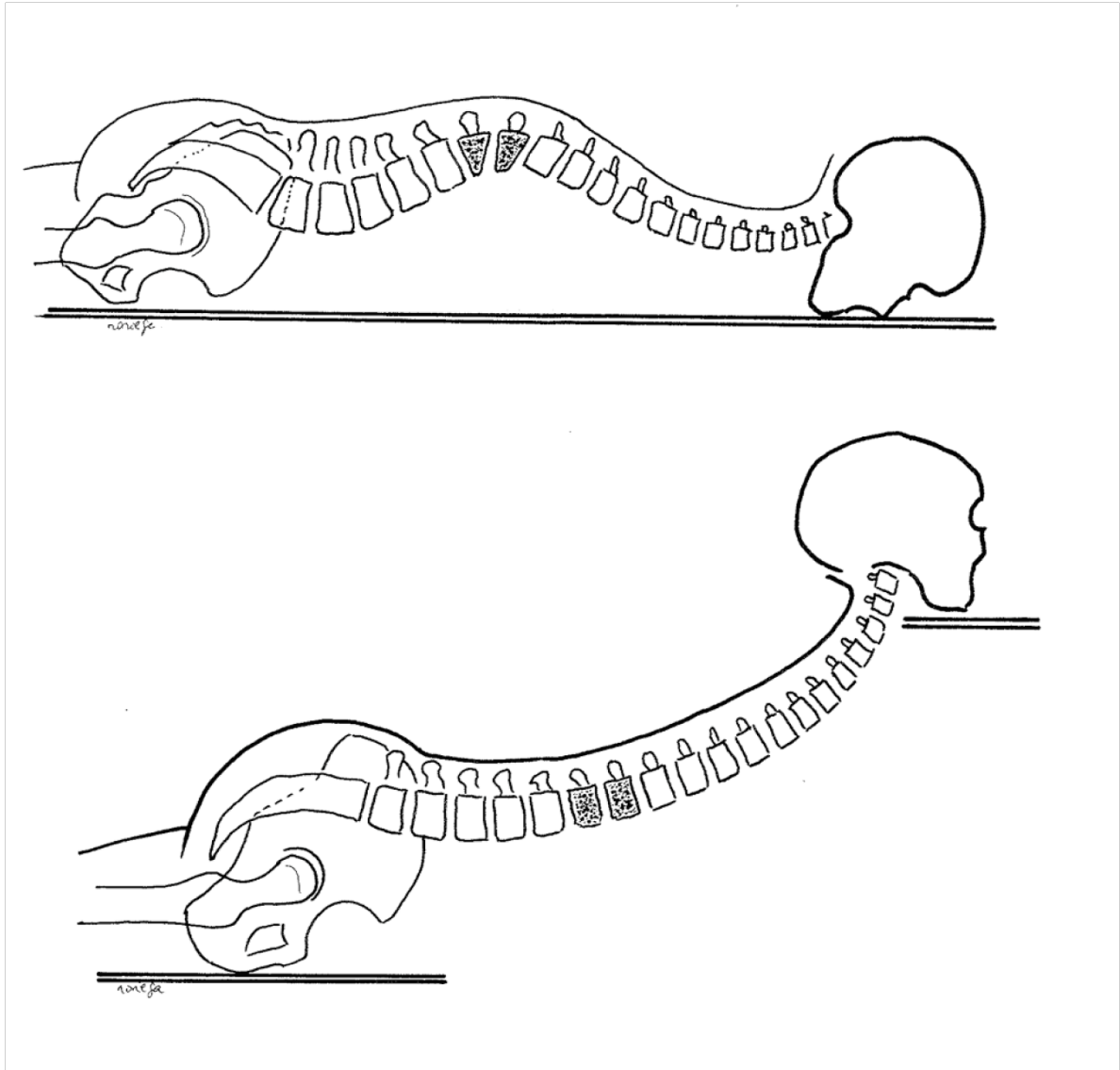


Fig.21. Corset metálicos utilizados para corrección de deformidades en la época de Ambrosio Paré.



Las modernas mesas de corrección ortopédica no son más que una evolución de la tabla Hipocrática. La reducción por vía abdominal ya se planteó entonces como método de reducción, hoy actualizada mediante los métodos de corporectomia y fijación anterior.

Más recientemente han sido diferentes los métodos de tratamiento conservador utilizados, método de Bohler (Figs.22-26), que utilizaban dos mesas a distinto nivel para la reducción con hiperlordosis exagerada, posterior inmovilización con un corset enyesado de tres puntos durante 3 a 6 meses y apoyo progresivo con reeducación mediante fisioterapia rehabilitadora. (42)



Figs.22,23. 1ª fase Método de reducción de Bohler.

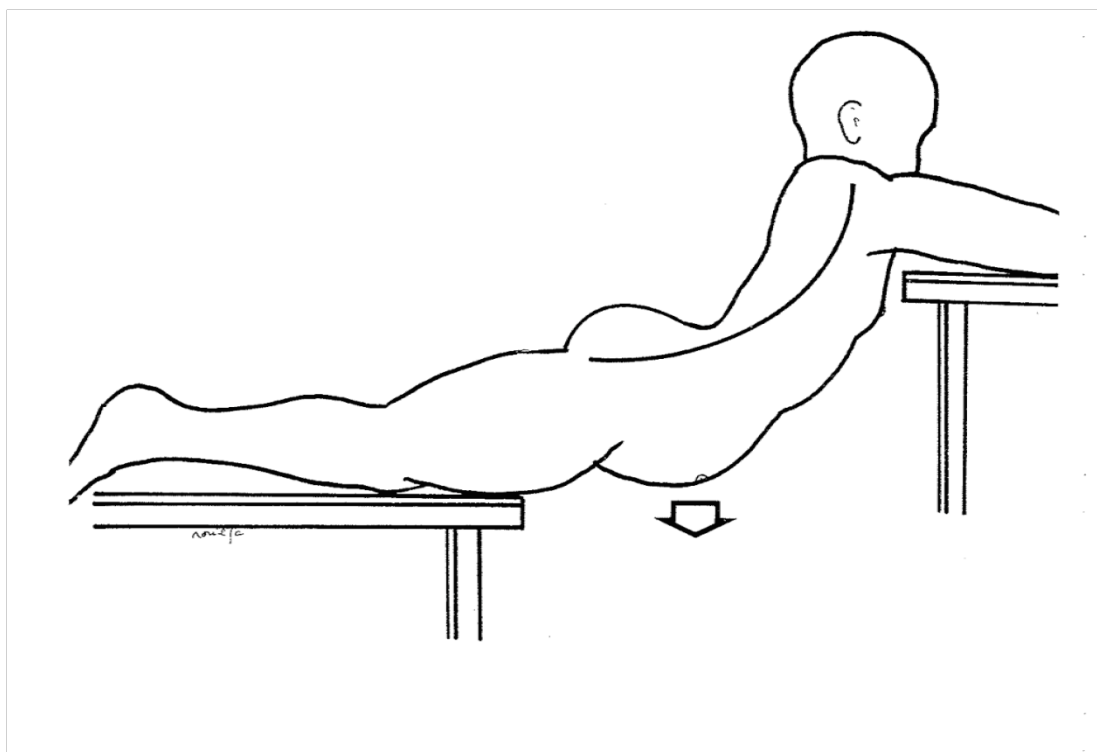


Fig.24. Posición de mantenimiento Método de Bohler.



Fig.25. Colocación de yeso de 3 puntos de apoyo. Método Bohler.

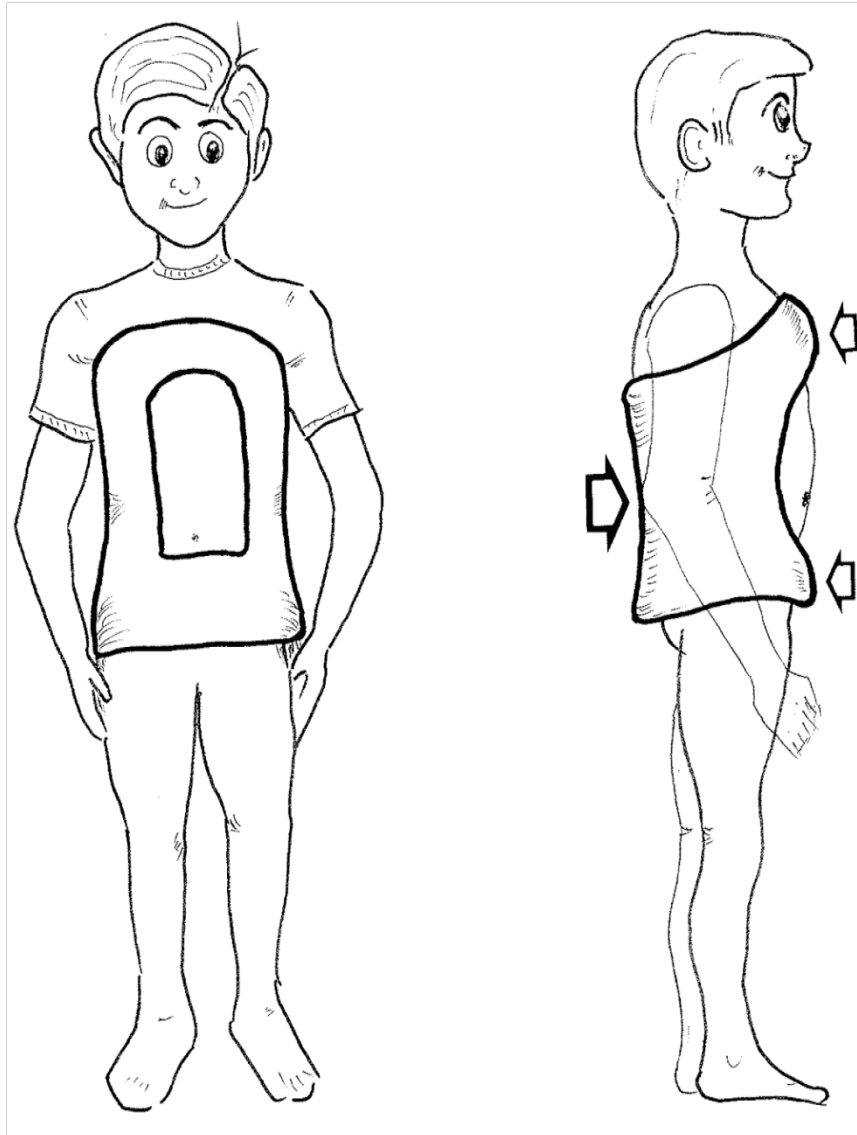


Fig.26. Situación final del corset con 3 puntos de apoyo: esternal, pubiano y lumbar.

### 3.3. EPOCA MODERNA

Es evidente que después de XXVI siglos si comparamos la evolución de la práctica médica en general con el tratamiento conservador de las fracturas, que en la práctica clínica diaria en el siglo XXI sigue siendo el gold standard si nos atenemos al tratamiento más frecuentemente utilizado, no habla mucho a favor de la

evolución del tratamiento de las mismas y por tanto asume las complicaciones y secuelas (Figs.27,28) derivadas de la falta de reducción de una articulación del esqueleto axial.



Fig.27. Secuelas de fractura tipo A en plano coronal y colapso discal.



Fig.28. Secuelas en plano sagital de fractura vertebral por compresión.

Es interesante analizar las limitaciones, consecuencias y complicaciones del tratamiento conservador que son bastante numerosas.

La morbilidad asociada a los periodos de larga convalecencia -que se precisan para minimizar las deformidades residuales- tales como infecciones urinarias, o pulmonares, úlceras de decúbito difíciles de controlar y que pueden determinar la aparición de infecciones superficiales o profundas con desarrollo de osteomielitis y lo que dicha aparición significa en cuanto a complicaciones añadidas y de difícil manejo y finalmente atrofia muscular, rigidez y osteoporosis por la ausencia de estímulo de las estructuras musculares y del esqueleto. (43)

Incremento del tiempo de estancia hospitalaria que permita controlar e intentar consolidar la reducción obtenida. En la situación actual de demanda y costes

asistenciales incrementándose de forma exponencial la sobreutilización de los recursos sanitarios supone un problema económico-sanitario de primera magnitud que no debe ser subestimado y la utilización de terapias que implican un retraso en la recuperación funcional de los pacientes incrementa la presión sobre los actuales sistemas sanitarios. (44-46)

Los tratamientos que implican reposo y falta de actividad durante un tiempo prolongado generan como ya han sido mencionados, atrofias, rigideces y osteoporosis, precisando por lo tanto un periodo de fisioterapia rehabilitadora con una duración variable pero con coste añadido al procedimiento y con resultados en ocasiones limitados en cuanto a la recuperación del balance muscular y del balance articular previos a la lesión. (8)

Si bien todas estas problemáticas son importantes por cuanto la incomodidad para el paciente, el coste que generan a los sistemas sanitarios a pesar de ser tratamientos conservadores y las secuelas que determinan; los problemas derivados de la falta de control de la reducción de la fractura son, sin duda, mucho más relevantes ya que está incompleta capacidad de reducción de la vértebra es la que determinará la aparición de complicaciones a medio y largo plazo, tanto localmente en el segmento discovertebral afectado como a nivel de la columna vertebral en general.

La capacidad de reducción del método conservador está limitada únicamente al fenómeno de la ligamentotaxis (47) -técnica utilizada en la cirugía ortopédica, comúnmente como una medida temporal, en el manejo de un hueso fracturado-. El



término se refiere al concepto de distracción continua (fuerza longitudinal) a fin de que fragmentos de la fractura se posicionen en su localización inicial, a nivel del raquis vertebral el aumento de la tensión en la parte posterior de la columna media -ligamento longitudinal común posterior- y del ligamento longitudinal anterior mediante la lordotización y la distracción, permite un aumento del volumen de la vértebra fracturada contribuyendo a la creación de un área de presión negativa y la inducción de succión en los fragmentos óseos desplazados.

El fenómeno de la ligamentotaxis (Figs.29,30) es de extraordinaria importancia como herramienta para la reducción de cualquier fractura de la economía pero no tiene capacidad por sí mismo y únicamente con el uso de fuerzas externas -mesa de tracción- se podría esperar la obtención de una reducción de los fragmentos vertebrales de forma anatómica y reproducible. (47-50)

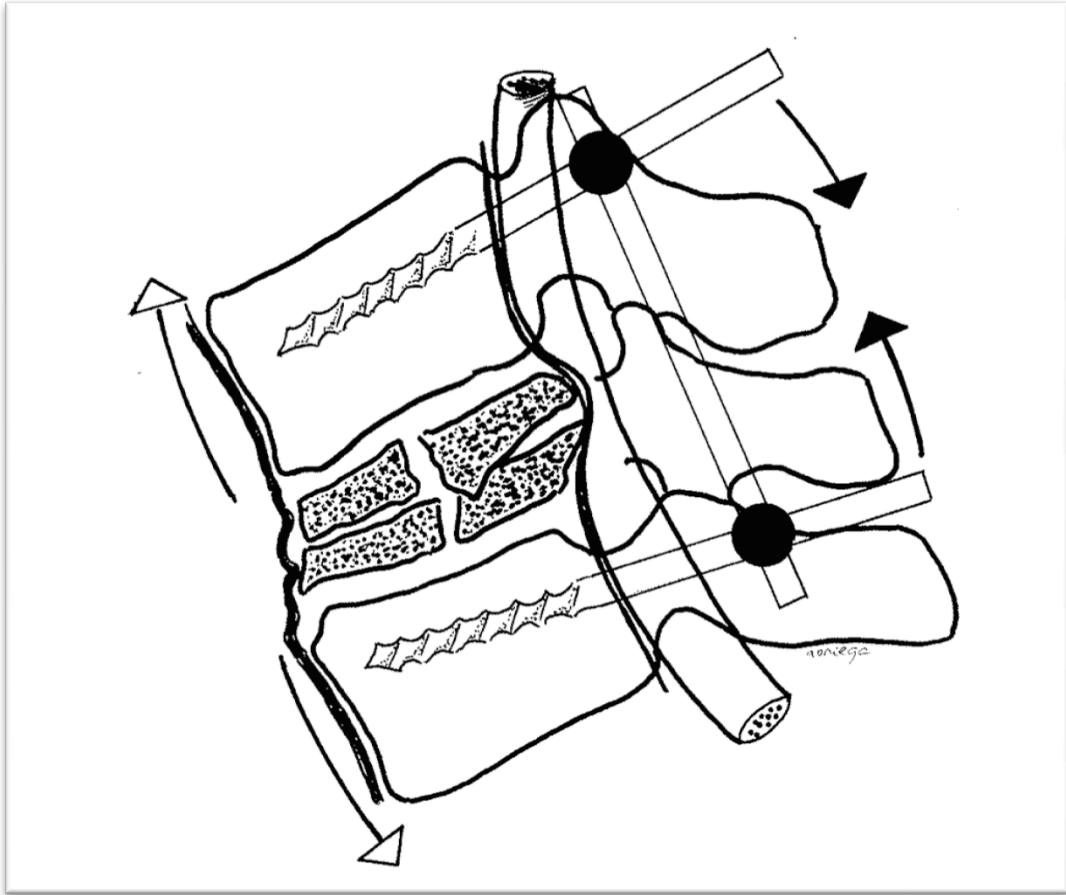


Fig. 29. Fenómeno de la ligamentotaxis.

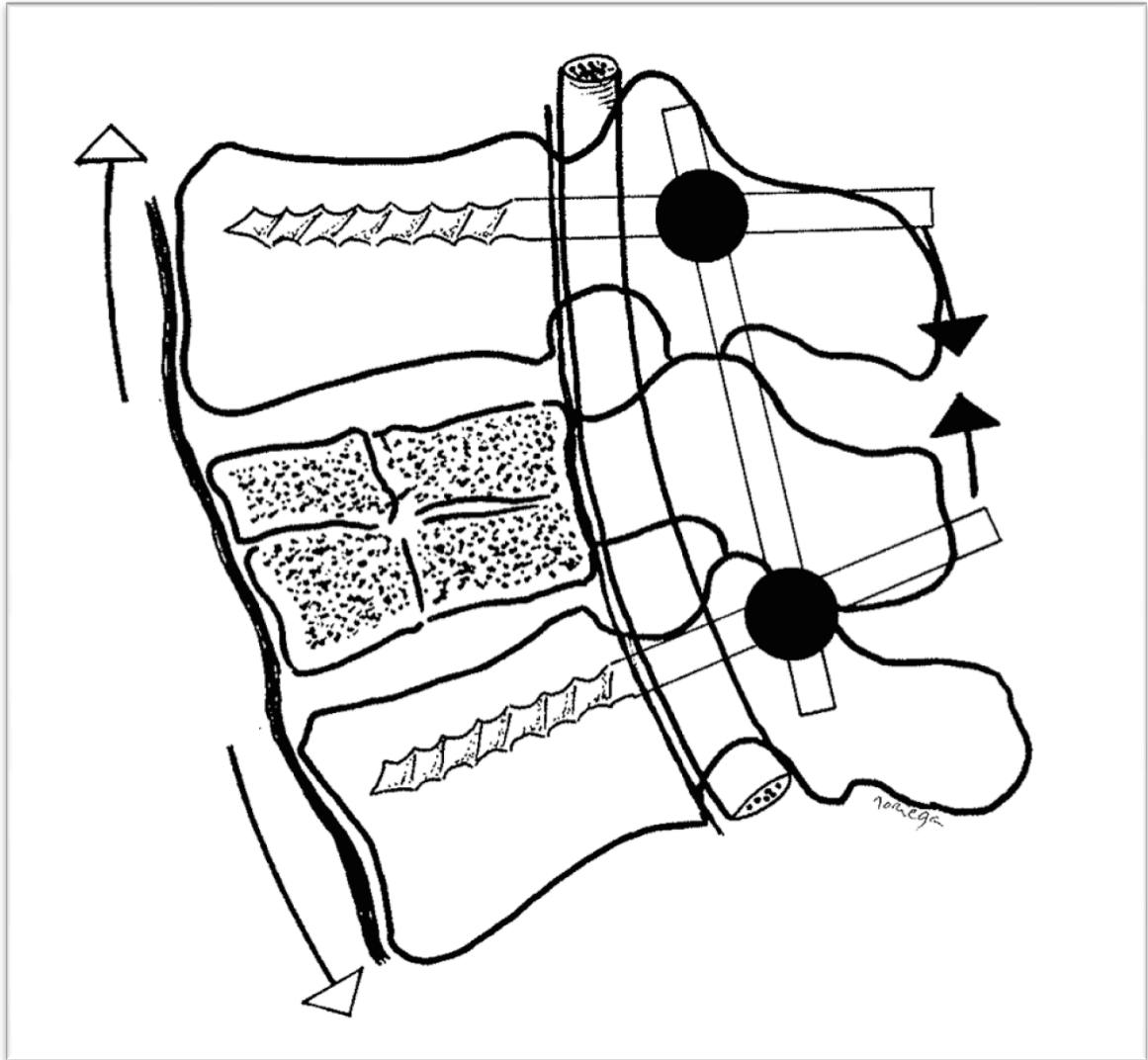


Fig.30. Fenómeno de ligamentotaxis.

No conviene olvidar, como queda patente con su nombre, el efecto mecánico de la ligamentotaxis es debido al incremento de tensión de los ligamentos y por lo tanto el efecto sobre el platillo vertebral no existe al no tener anclajes ligamentarios. El disco intervertebral carecer de capacidad tensil para reducir los fragmentos de la superficie del platillo intervertebral (Figs.31-34). En base a estos dos fenómenos biomecánicos, es evidente que la capacidad de reducción de una fractura vertebral mediante tratamientos conservadores es limitada, por lo que ya a priori con el

planteamiento de esta forma de tratamiento es esperable la aparición de complicaciones a medio plazo y largo plazo.

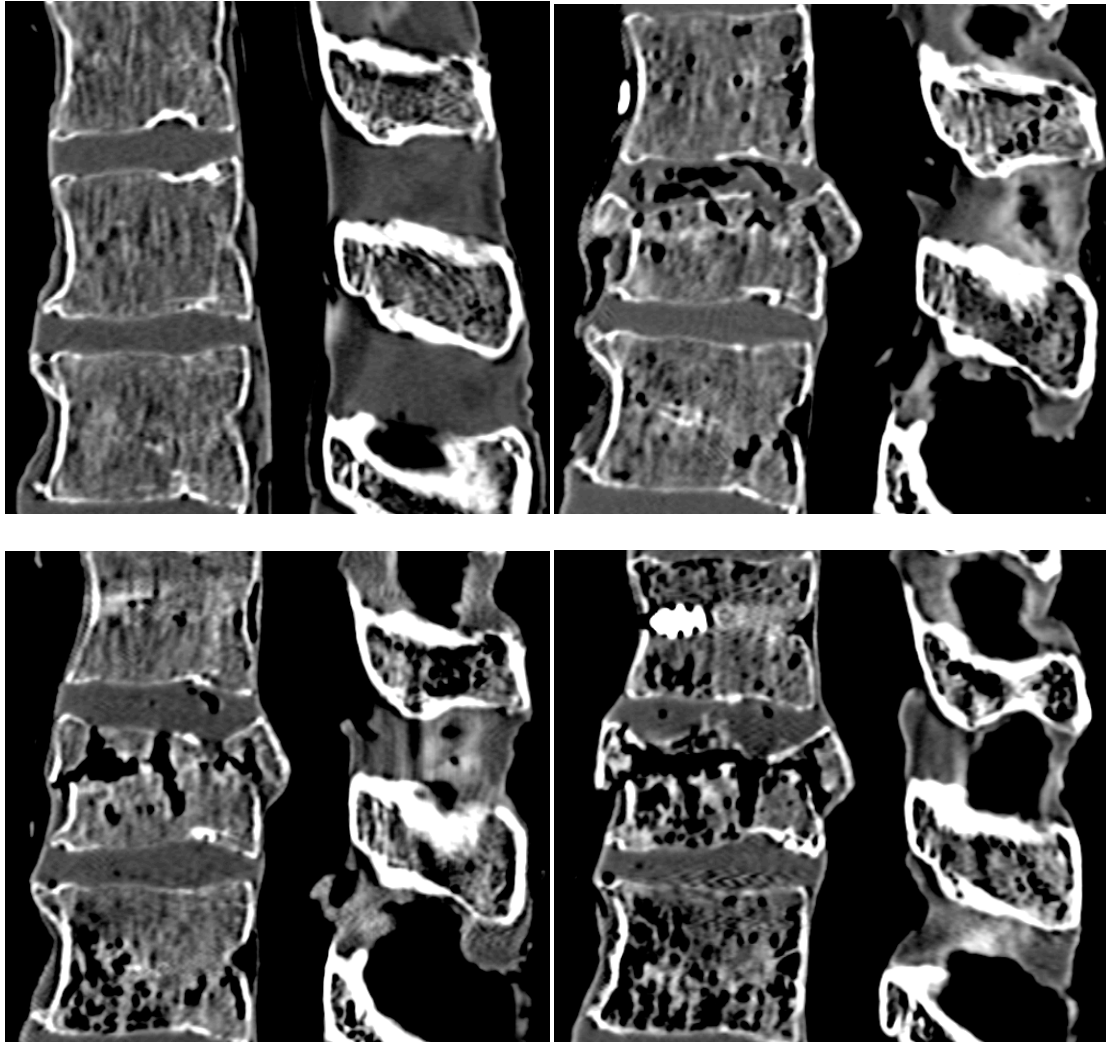


Fig.31-34 Ausencia de reducción del platillo vertebral mediante ligamentotaxis (31: prefractura, 32: postfractura, 33: postratamiento, 34: postcargacíclica).

Por último y quizás lo más relevante de esta modalidad terapéutica es la dificultad para controlar el patrón de consolidación de la vértebra. No es predecible la evolución del tratamiento de forma precisa y repetitiva, apareciendo complicaciones en el proceso de consolidación vertebral tales como quistes de Kummel, vértebras planas o pseudoartrosis (Figs.35-40) que en la actualidad, con los datos diagnósticos y epidemiológicos que disponemos, no es fácil de

determinar su aparición, aunque determinados factores como la edad, la localización de la fractura y la persistencia de dolor podrían permitir hacer un diagnóstico precoz pero con el tratamiento conservador no permitirían su control.

(51)



Fig.35. Imagen radiográfica de Quiste de Kümmel.



Fig. 36. Representación de Quiste de Kümmel y evolución del mismo.



Fig.37.Vértebra plana.

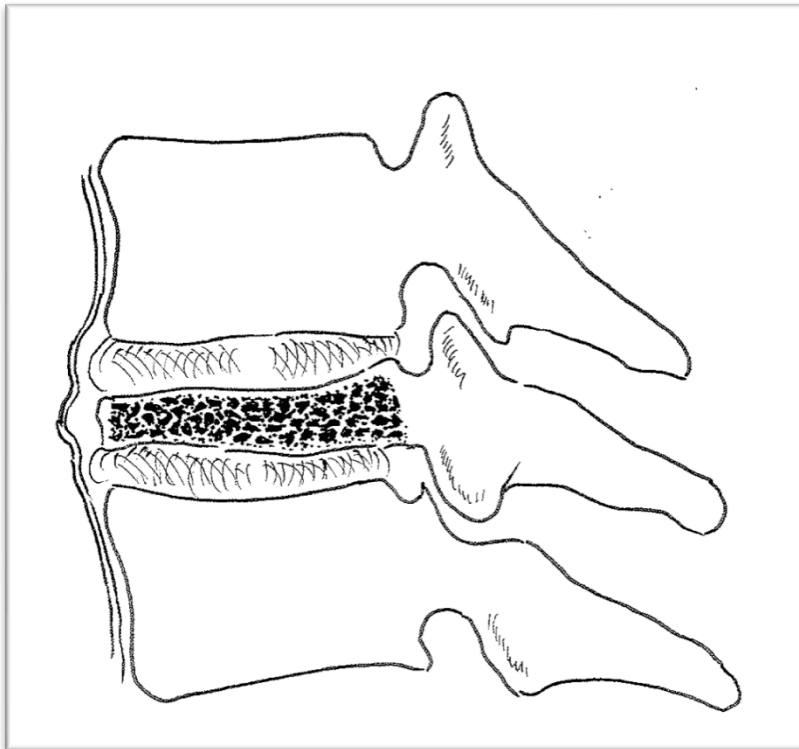


Fig.38. Vértebra plana postratamiento conservador.



Fig.39. Fractura vertebral platillo inferior. Tratamiento conservador.

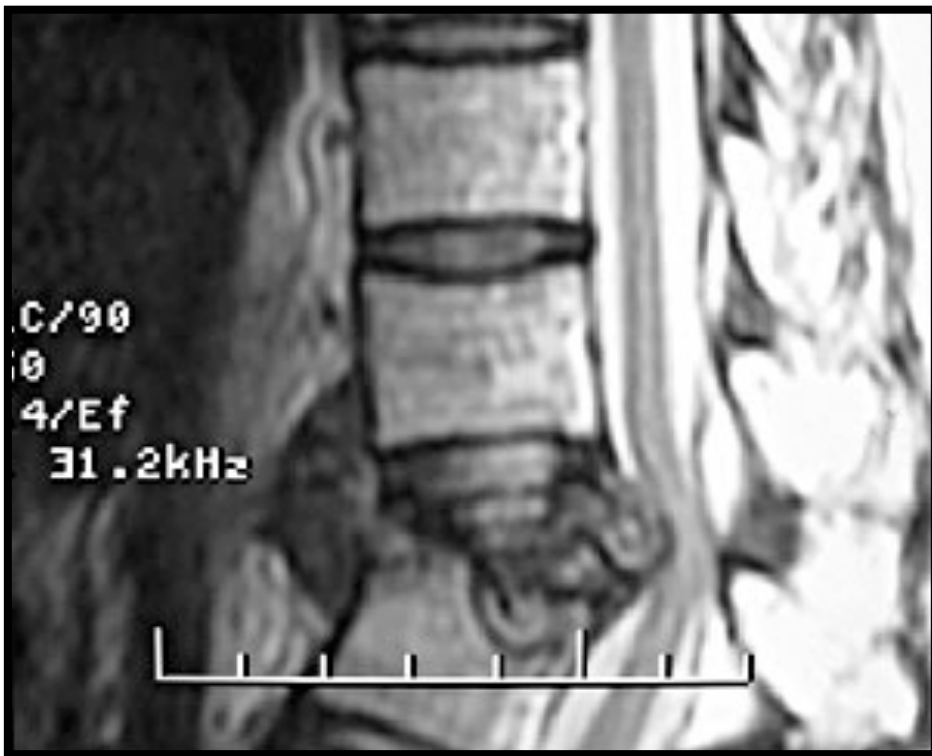


Fig.40. Osteonecrosis posfractura vertebral del platillo inferior tratada de forma conservadora (4 meses de evolución).



En 1984 Deramond y Galibert proponen la inyección de cemento acrílico en un tumor de la apófisis odontoides (Fig.41), con un resultado esperanzador que dos años más tarde en 1986 se extrapola dicha inyección de cemento acrílico al tratamiento de las fracturas vertebrales de tipo osteoporótico. (Fig.42)(52,53)

Este procedimiento de cirugía mínimamente invasiva se denominó vertebroplastia y la finalidad del mismo era el tratamiento del dolor postfractura vertebral (54-60) realizando una fijación in situ de la vértebra así como reforzar la rigidez y la resistencia de dicho cuerpo vertebral para evitar complicaciones posteriores. (61-64)

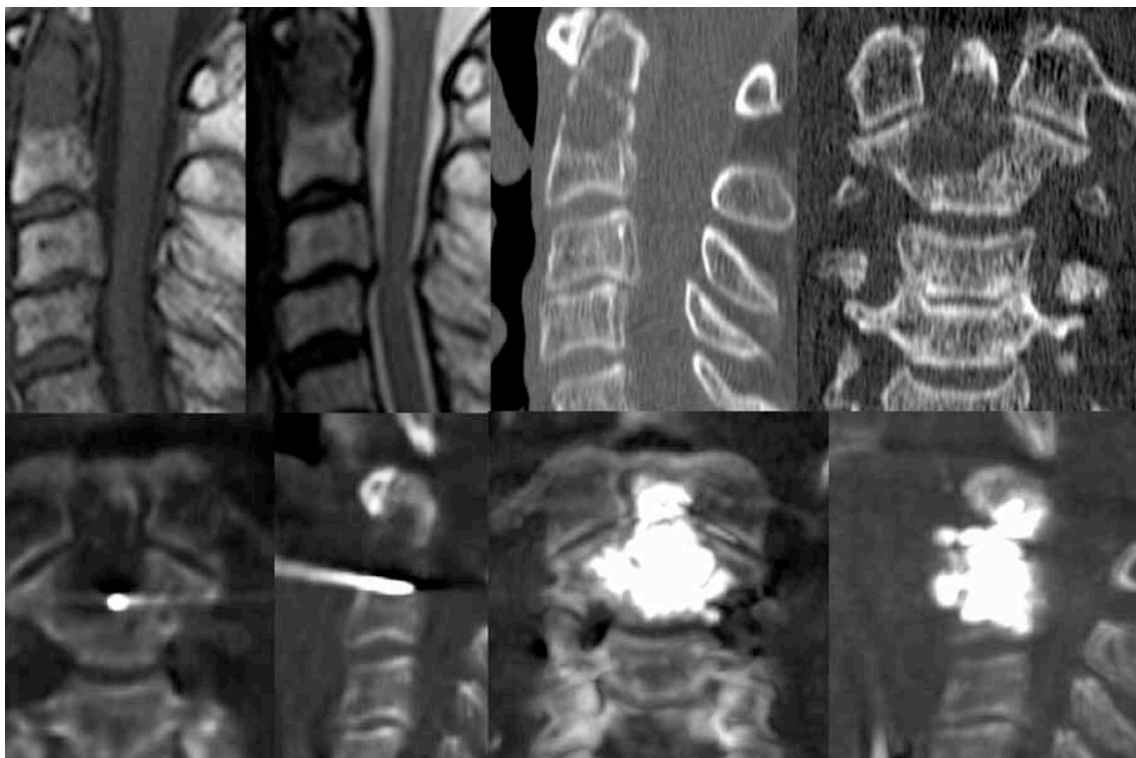


Fig.41. Vertebroplastia C2 en lesión osteolítica de la apófisis odontoides.

Sin ninguna duda la introducción de la vertebroplastia representó un hito en el tratamiento de la fractura vertebral osteoporótica en primer lugar por su sencillez

pero sobre todo por el éxito clínico que ha tenido, si bien es una técnica que tiene limitaciones, principalmente biomecánicas, que deben ser tenidas en cuenta a la hora de la decisión terapéutica. (65)

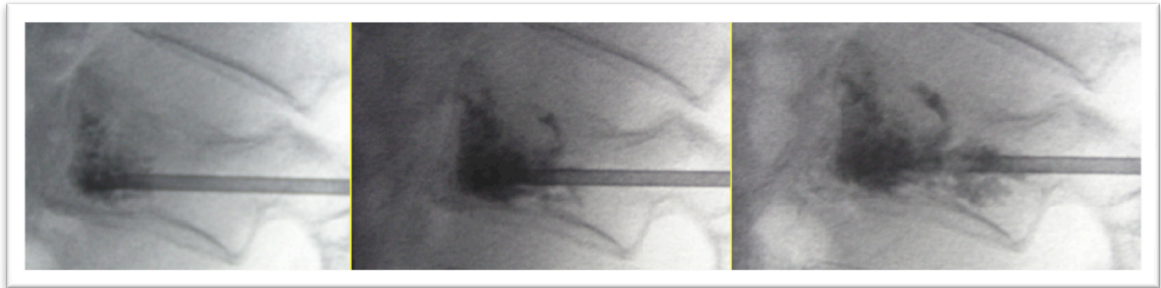


Fig.42. Vertebroplastia postfractura vertebral por compresión.

La capacidad de reducción de la vertebroplastia se limita únicamente, como en el caso del tratamiento conservador, al efecto de ligamentotaxis (43,47-50,66) que se genera con la posición del paciente en la mesa quirúrgica, por lo que será una acción limitada o parcial sobre la altura de la cortical vertebral no existiendo efecto de reducción sobre el platillo vertebral. Si tenemos en cuenta esta limitación es comprensible que el control del balance sagital no será posible mediante esta técnica quirúrgica como único gesto quirúrgico.

La vertebroplastia busca el tratamiento del dolor mediante la fijación in situ (Figs.43,44) y nunca el tratamiento de la fractura vertebral mediante su reducción y fijación estable por lo que no debemos esperar nunca estos efectos cuando apliquemos dicho tratamiento. (54-59)

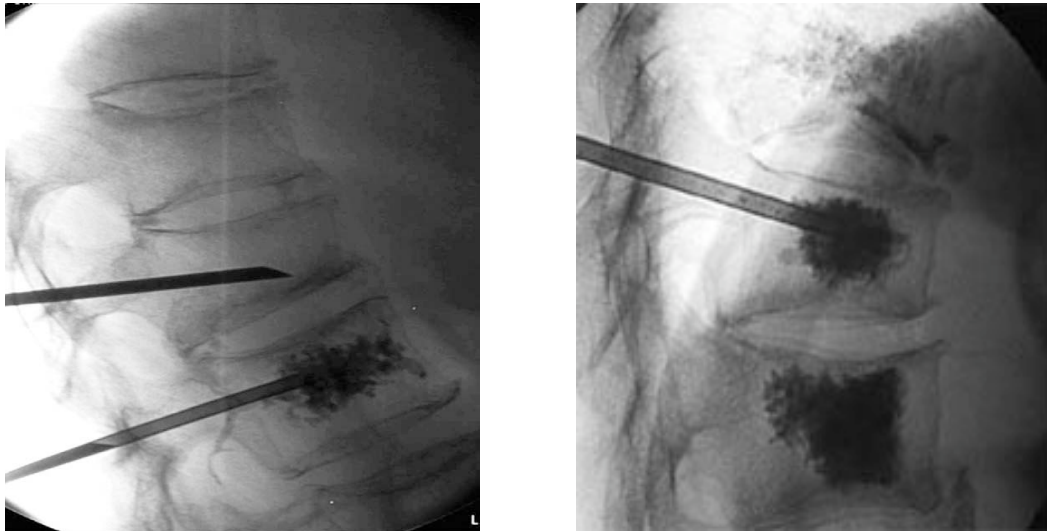
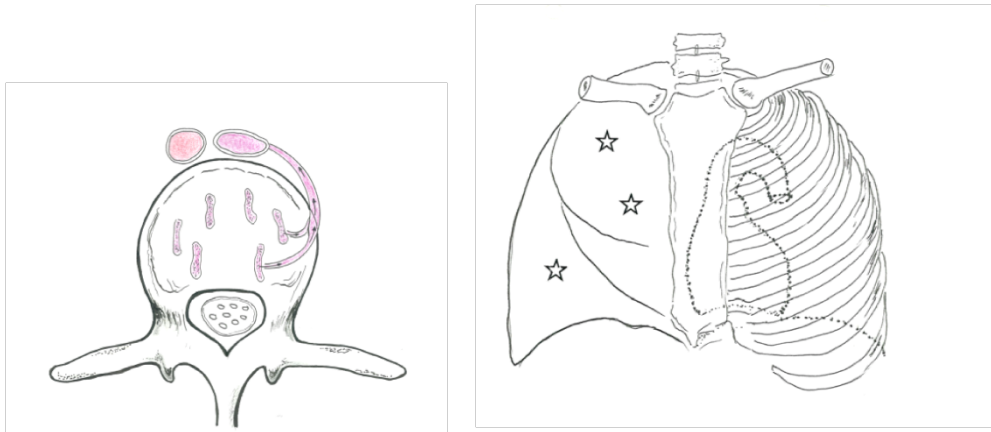
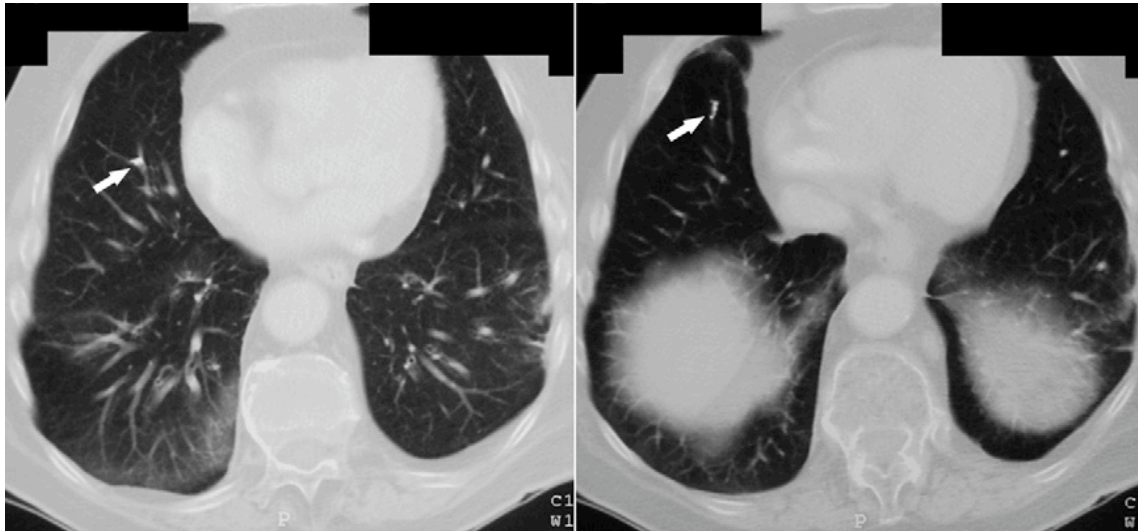


Fig.43,44. Fijación in situ post-vertebroplastia.

Con el desarrollo de la técnica se vieron una serie de complicaciones relacionadas con la inyección de cemento acrílico dentro del cuerpo vertebral y todas ellas derivadas de la fuga del mismo, existiendo tasas variables de entre 10-41% de fugas de cemento en función de las series publicadas (67). Estas fugas de cemento en su mayoría asintomáticas, y por tanto sin trascendencia clínica, presentaban importancia cuando aparecían en el canal vertebral con el consiguiente riesgo de daño neurológico o cuando se producían microembolos de cemento hacia el territorio pulmonar con la aparición de fenómenos tromboembólicos (Figs.45-48) por cemento PMMA. (68)

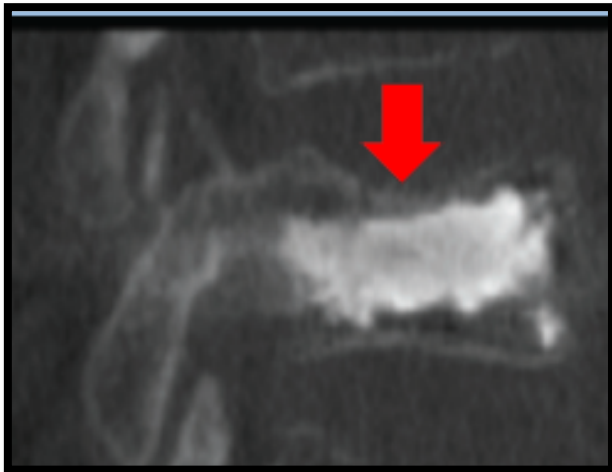
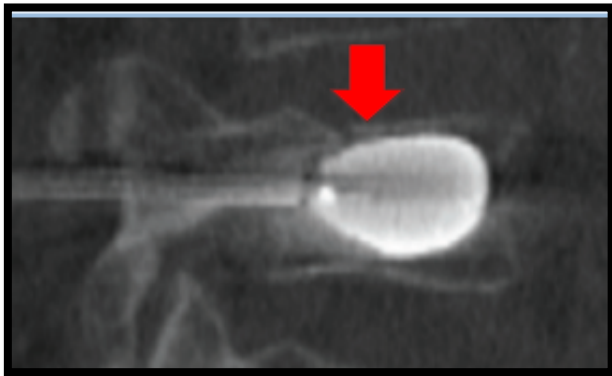
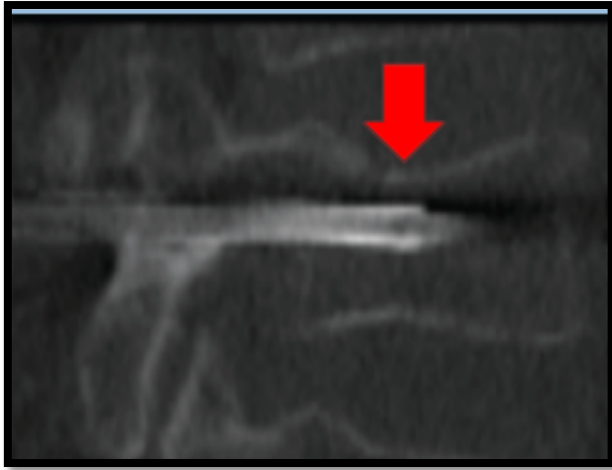


Figs.45-48.Embolismo pulmonar por cemento PMMA.

La causa principal de dichos problemas se relacionaba con el uso de cementos de ortopedia general con propiedades que no estaban diseñadas para el uso de los mismos a nivel del raquis por lo que obligó al desarrollo de cementos acrílicos específicos para el uso vertebral, en los que las propiedades tanto de viscosidad como térmicas se adaptan a la patología vertebral y a la zona tan sensible del cuerpo humano en que van a ser aplicados. De esta forma el riesgo de fugas de cemento se controló en términos absolutos pero de forma más importante se disminuyó el porcentaje de fugas sintomáticas. (53,54,69,70)

En 1998 y con el fin de mejorar los dos problemas fundamentales de la vertebroplastia, la falta de control de la reducción vertebral y las fugas de cemento, en definitiva la eficacia y la seguridad del procedimiento, se avanza en las técnicas quirúrgicas y se introduce la cifoplastia con balón. (71-75)

La cifoplastia con balón consiste en introducir dos balones dentro del cuerpo vertebral mediante un abordaje transpedicular o extrapedicular y posteriormente inflarlos con el fin de obtener una restauración de la altura vertebral (Figs.49-51). Una vez inflados la cavidad que han generado será rellenada con cemento acrílico, cemento acrílico con hidroxiapatita o cemento reabsorbible como fosfato tricálcico, con el fin de estabilizar la fractura vertebral. (76)



Figs.49-51. Procedimiento técnico de cifoplastia con balón neumático.

La hipótesis de trabajo, así como los argumentos aportados por dicha técnica quirúrgica, suponían un gran avance no solo en el tratamiento de las fracturas

vertebrales por compresión sino que un cambio de enfoque en el manejo de las fracturas vertebrales. (76) Sin embargo y con la perspectiva del tiempo el análisis de dichos argumentos se puede y deben ser realizados desde la visión de los resultados clínico-radiológicos a medio y largo plazo así como de estudios mecánicos en cadáveres más metódicos y en distintas condiciones biomecánicas.

El primer argumento sobre la restauración de la altura vertebral, ya hemos visto que tanto el tratamiento conservador como el tratamiento mediante vertebroplastia obtenían mejoras de la altura de la cortical vertebral medidas en radiología, y sabiendo que no se han realizado ningún tipo de estudios clínicos doble ciego randomizado comparando la cifoplastia con el tratamiento conservador o la vertebroplastia, solo es posible analizar las distintas publicaciones existentes en la literatura mundial.

Es evidente que para conseguir mejoras de la altura vertebral es necesario que exista movilidad a nivel del foco de fractura, y dicho fenómeno no está asociado a una técnica quirúrgica concreta sino a la antigüedad de la fractura y a la existencia de signos en las pruebas de imagen:

1. Fractura con antigüedad no superior a 6-8 semanas.
2. Presencia de hiperseñal en secuencia T2 o STIR de RMN. (Fig.52, 53 a,b)
3. Quistes intravertebrales en RMN. (Fig.52, 53 a,b)
4. Cambios en la altura y angulación de la vértebra fracturada cuando se comparan RX en bipedestación y Rx en decúbito supino. (Figs.53c-d)

(77,78)

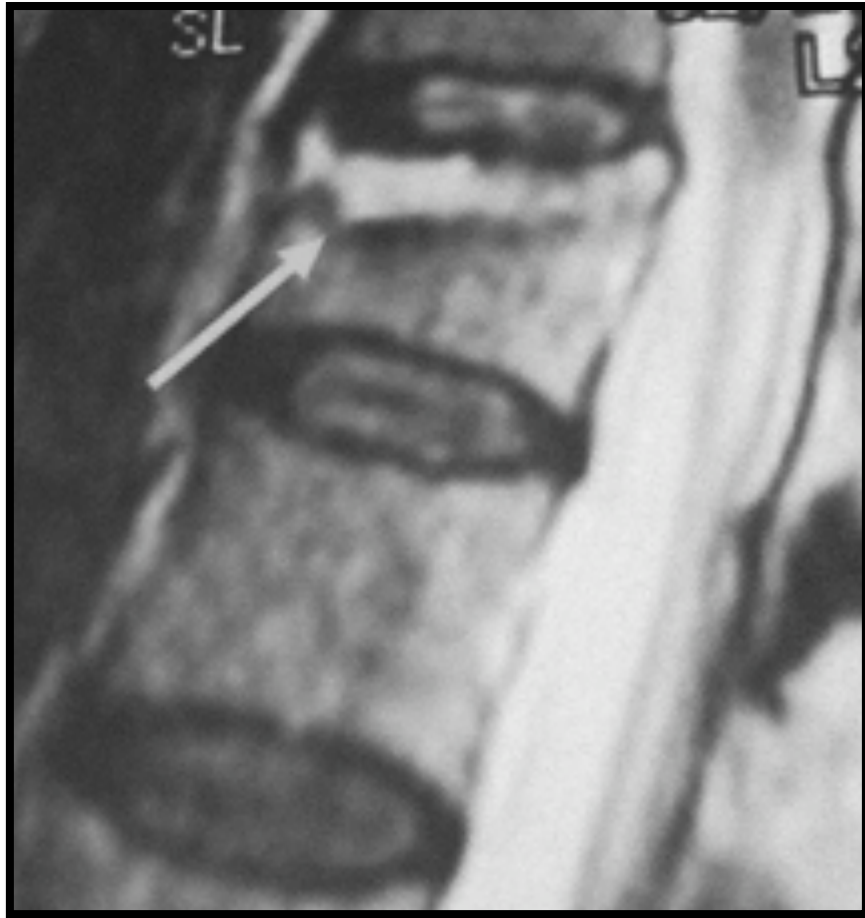


Fig.52.Criterios de movilidad en fracturas vertebrales no agudas: Quiste subcondral. Edema T2.

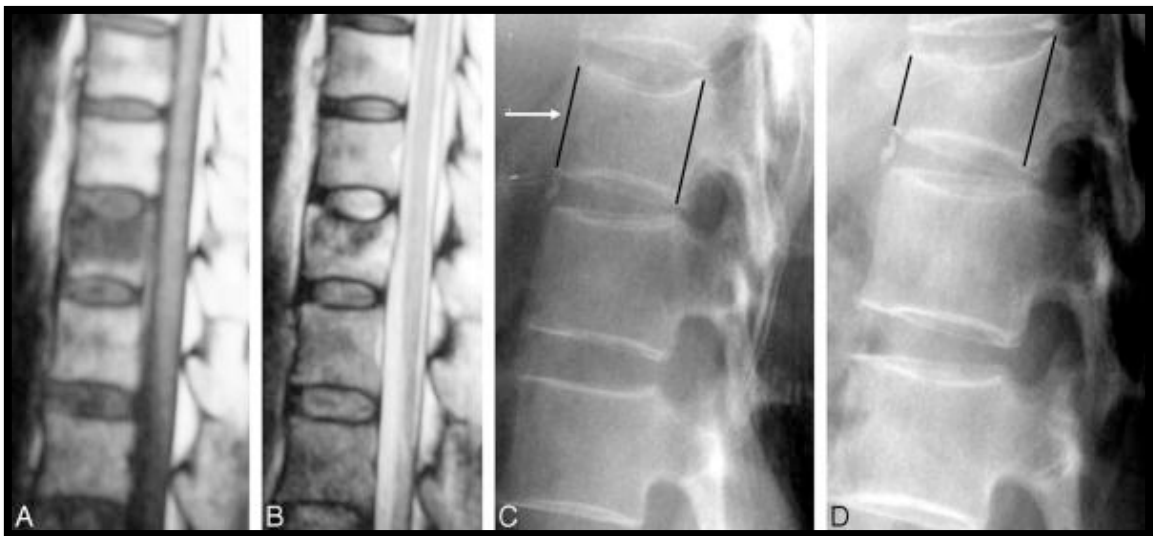


FIG.53 a-d. Edema vertebral. Cambios en la angulación vertebral en decúbito supino y bipedestación (incremento del acuñamiento del 28%).



Por tanto cualquier técnica quirúrgica podría beneficiarse de la existencia de movilidad vertebral y no es algo inherente a ningún tipo de implante o técnica quirúrgica.

Una vez realizada esta consideración existen innumerables publicaciones que hablan del incremento de altura del cuerpo vertebral ya desde el año 2001 encontramos que Lieberman publica (73) cifras de ganancia de altura media de 2.9mm en el 35% de los pacientes (30 pacientes). Pradhan en 2006 (75) publica resultados de mejora de la altura vertebral anterior de 3.1mm y de la altura en el centro del cuerpo vertebral de 6.4mm en una muestra de 65 pacientes tratados mediante cifoplastia con balón. Si bien, Pradhan, encuentra que dicha ganancia en altura del cuerpo vertebral no se traduce en corrección del balance sagital dado que el disco intervertebral no trasmite dicha ganancia. (73,75)

Estos resultados venían a corroborar los hallazgos de Verlaan en 2005 en el que en un estudio en cadáveres encontró que la ganancia de altura producida durante el inflado de los balones se perdía en el momento del desinflado (Figs.54-60). (79)



Fig.54. Introducción balón (precarga 100Nw=condiciones fisiológicas)



Fig.55. Comienzo inflado del balón (precarga 100Nw=condiciones fisiológicas)



Fig.56. Inflado 70% del volumen del balón (precarga 100Nw=condiciones fisiológicas)



Fig.57. Inflado del volumen máximo del balón (precarga 100Nw=condiciones fisiológicas)



Fig.58. Desinflado balón y pérdida de reducción de la altura vertebral (precarga 100Nw=condiciones fisiológicas)

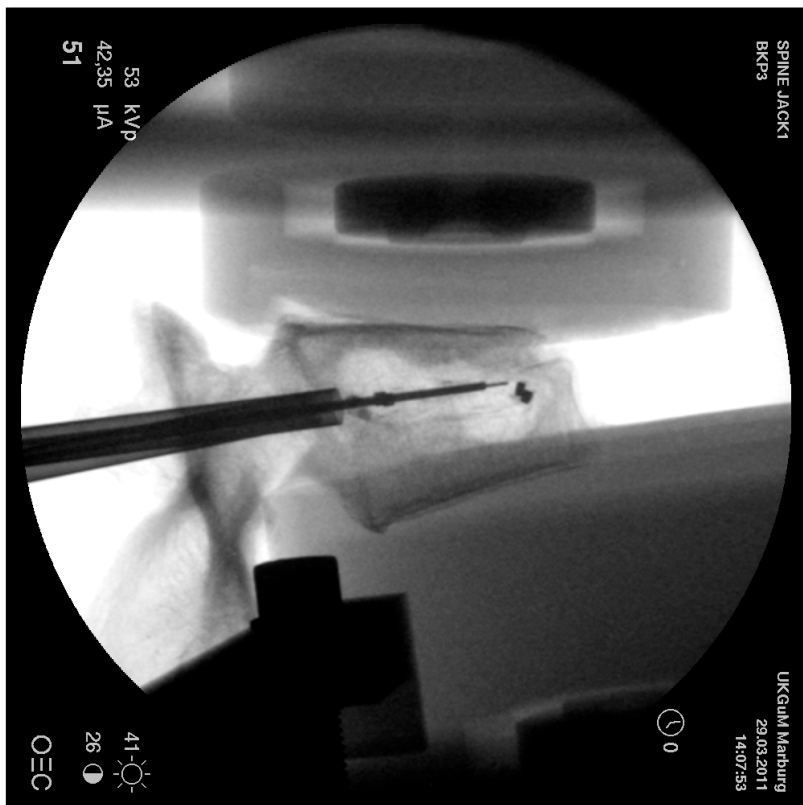


Fig.59. Desinflado completo del balón. Recolapso vertebral (precarga 100Nw=condiciones fisiológicas)

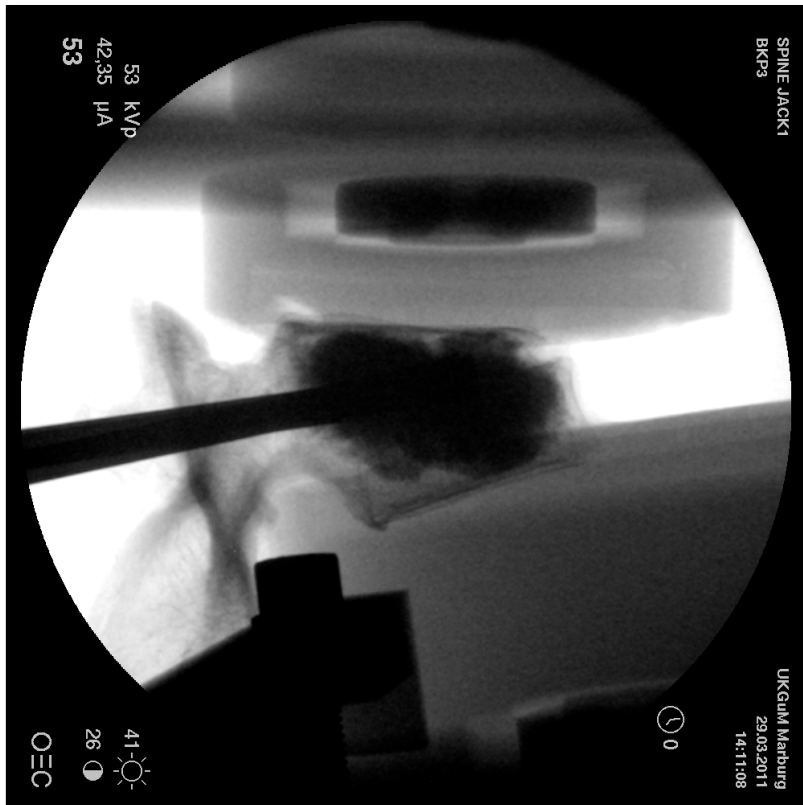


Fig.60. Inyección de cemento (precarga 100Nw=condiciones fisiológicas)

Si analizamos las publicaciones internacionales sobre vertebroplastia, Hiwatashi en 2003 (80) publica resultados con ganancias de 2.5mm en la altura anterior de 2.7mm en la altura central del cuerpo vertebral y de 1,4mm en la altura posterior del cuerpo vertebral, con un valor medio de 2,2mm y un rango de 1-15mm, si bien los métodos de comparación de las medidas pre y postoperatoriamente difieren, RMN preoperatoria, TAC postoperatorio (80). En ese mismo año Mckiernan presenta resultados sobre 41 pacientes de incrementos de la altura vertebral media de 8.4mm en el grupo de pacientes que presentaban movilidad vertebral., si bien ya en ese artículo alerta de los diferentes modos de medida de la altura vertebral y de su análisis. (78)

Teniendo en cuanto las innumerables publicaciones existentes es evidente que la mejoría de la altura vertebral mediante cifoplastia de balón no es reproducible en todas las condiciones, su efecto es limitado y se pierde una vez desinflado el balón en condiciones fisiológicas y numéricamente, en valores absolutos o porcentuales, no hay diferencias con la vertebroplastia. (73- 80)

En segundo lugar y desde el punto de vista de la seguridad, el balón, hipotéticamente, genera un sistema de baja presión de inyección del cemento al generar una cavidad que limitaría las fugas de cemento e incrementaría la seguridad del procedimiento.

La presión de inyección fue analizada por Tomita et al. en 2004 (Fig.61), (81) bajo la premisa de posible daño del cuerpo vertebral durante la inyección de cemento. El control de presiones se realizó sobre la presión venosa en la vena iliaca ascendente y en la vena iliaca común, no apreciando modificaciones que difieran la presión venosa típica. No observaron cambios en la presión arterial sistémica siendo la mayor de las fuerzas aplicadas para vencer la fricción entre el cemento y la cánula de inyección, aproximadamente el 90% de la presión ejercida. Así concluye Tomita que es dudoso que la creación de una cavidad intravertebral genere una reducción de la presión intravertebral, ya que el incremento de presión intravertebral durante la inyección de cemento es mínimo y por lo tanto no es necesaria la creación de una alternativa para reducir la misma.

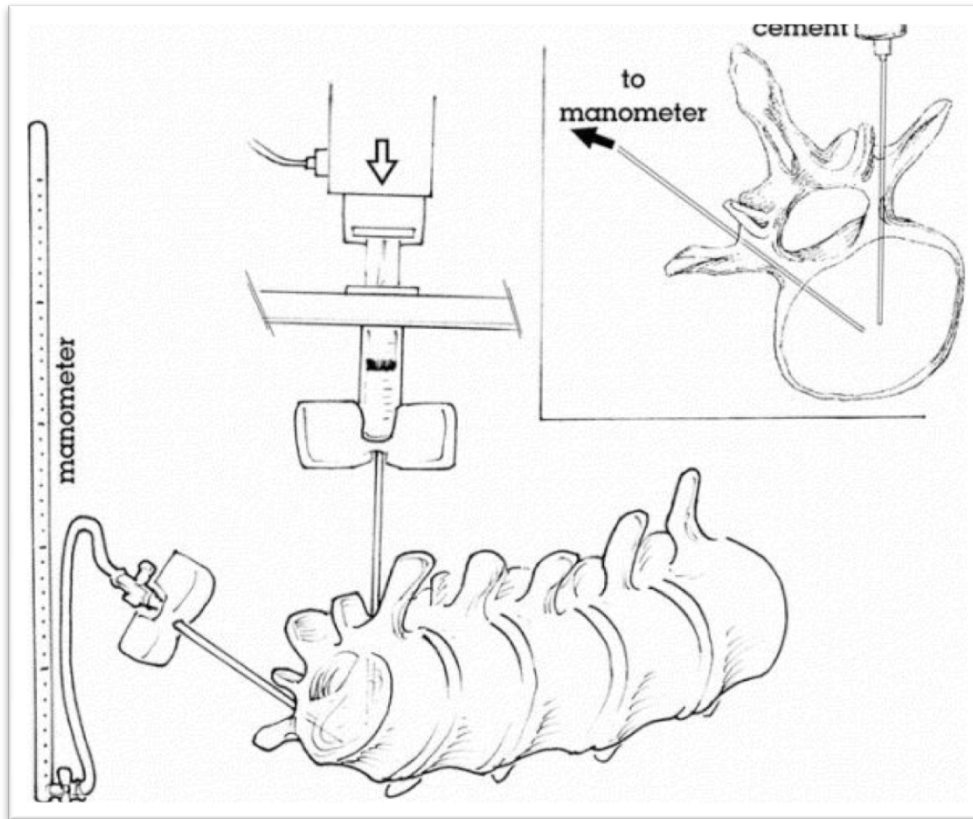


Fig.61. Método de medida de presión durante inyección de cemento. Manómetro conectado a cánula de cemento insertada unipedicularmente. La columna reposaba sobre lecho de agua durante la prueba. Spine.2004; 29(7):723-725.

A pesar de esta publicación sobre las presiones intravertebrales, sin duda alguna el dato definitivo en cuanto a seguridad del procedimiento es la tasa de fugas de cemento, que en definitiva es clave en la seguridad del procedimiento.

En las distintas publicaciones puede ser comparada con las fugas de la vertebroplastia y nos encontramos variaciones entre 6% y el 40% en ambas técnicas quirúrgicas. (73,82-90)

Evidentemente y una vez analizadas las distintas publicaciones realizadas sobre la reducción de la cifosis, cifoplastia, mediante el uso de balones intravertebrales y

las posibles ventajas iniciales con respecto a técnicas previas no se han podido demostrar de manera significativa. (75,79)

No obstante la cifoplastia de balón a impulsado el inicio de una nueva era en el tratamiento de las fracturas vertebrales al plantear el control de parte de las alteraciones biomecánicas que ocurren después de una fractura vertebral por compresión así como tratar de mejorar la altura vertebral de una forma reproducible con el objetivo de mantener la funcionalidad del raquis de la forma más fisiológica posible.

Una vez analizadas todas las opciones terapéuticas mediante las cuales el objetivo es mantener la funcionalidad del raquis, tenemos un segundo grupo de opciones terapéuticas que consisten en tratar las fracturas vertebrales mediante una artrodesis vertebral, destruyendo la biomecánica articular desde el inicio del planteamiento terapéutico con el objetivo de mantener un balance sagital óptimo y evitar los problemas derivados de ello.

Desde un punto de vista biomecánico es una alternativa terapéutica que salvo en situaciones límite, rara vez se plantea como tratamiento inicial de ninguna fractura articular en el resto del cuerpo humano, ya que el abolir la movilidad de dos segmentos vertebrales, como mínimo, va a generar patología del disco adyacente entre 0.6 y un 3.9% por cada año que pase después de la fusión vertebral, encontrándose datos de incidencia de enfermedad del disco adyacente sintomática desde el 5,2% hasta el 100% (91-99) así como riesgos de deformidades por encima de los segmentos fusionados (Figs.62 a-d). (100,101)



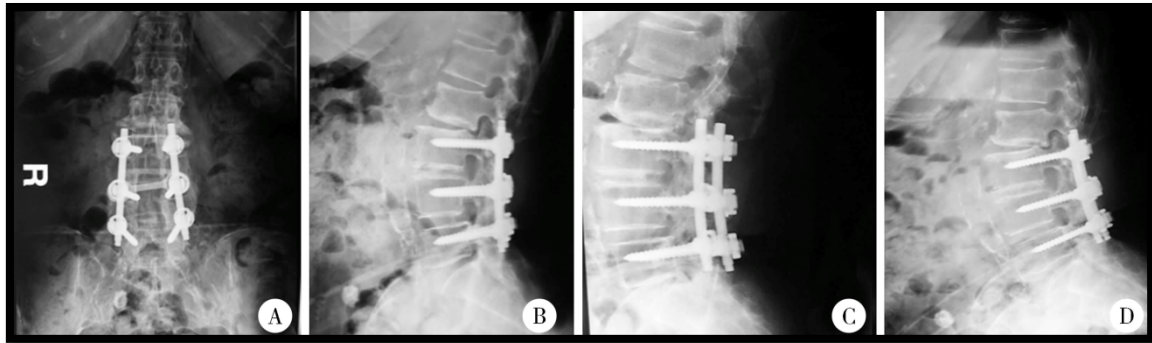


Fig.62 a-d. Enfermedad del disco adyacente y alteración del balance sagital.

No importa qué forma de realizar una artrodesiselijamos, anterior, posterior doble abordaje, la utilización de tornillos, placas o sustitutos de cuerpos vertebrales es altamente invasiva especialmente en casos sin ningún tipo de lesión neurológica siendo su coste-efectividad bastante cuestionable.

En la cirugía vertebral abierta la tasa de infección es claramente superior a la tasa de infección de la cirugía percutánea o mínimamente invasiva (102,103) y los problemas propios de posibles malposiciones del material implantado, pseudoartrosis rotura del material no son despreciables.

Si dividimos los distintos tipos de tratamiento en 2 grupos, preservación de la articulación o destrucción de la misma (fig63), nos encontramos que en el primer grupo de opciones terapéuticas el objetivo es mantener la funcionalidad del raquis, no olvidando la problemática derivada de la dificultad para controlar la biomecánica dadas sus limitaciones para actuar sobre los elementos lesionados del cuerpo vertebral, y en el segundo grupo terapéutico la destrucción de la biomecánica local desde el inicio busca evitar los problemas clínicos y biomecánicos generales del raquis tanto a corto como a largo plazo, si bien esta

artrodesis sabemos que implica la aparición de una problemática diferente, como ha sido expuesto previamente, que no es menor y requerirán vigilancia y tratamiento futuro.

## Situación actual del problema...

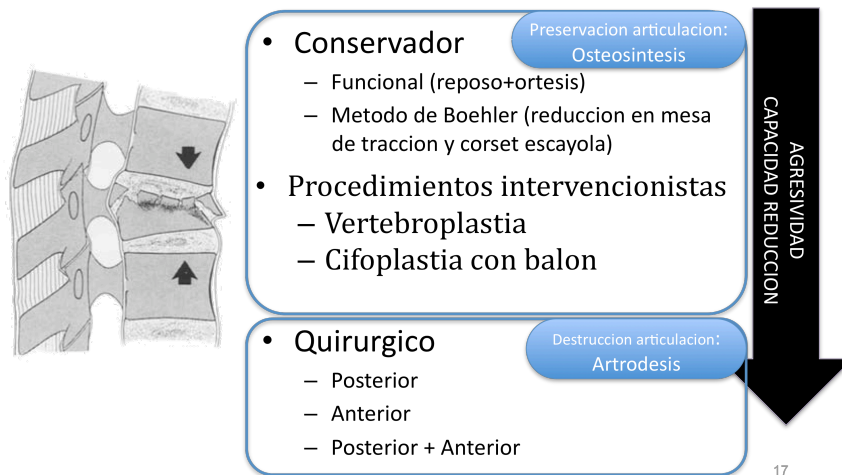


Fig.63. Opciones terapéuticas actuales

Como escribió Hipócrates en su libro sobre La Medicina Antigua (Vol. I Tratado hipocrático): “La Medicina ha existido siempre desde el inicio de los tiempos. El camino nos ha sido revelado y muchas cosas buenas han sido descubiertas a lo largo del camino. El resto quedan por descubrir, si uno basado en lo que sabe es lo suficientemente capaz de pedir más”. (104)

## 4. BIOMECANICA DE LA COLUMNA VERTEBRAL

### 4.1. CONCEPTO

La biomecánica vertebral es una ciencia de máxima importancia para entender la sintomatología clínica derivada de las lesiones vertebrales así como los distintos enfoques terapéuticos disponibles en la práctica clínica diaria y la evolución de los mismos. El origen de la biomecánica se basa en la anatomía (Fig.64), (del latín *anatomia*, y éste del griego *ἀνατομία*; derivado del verbo *ἀνατέμνειν* 'cortar a lo largo'; compuesto de *ἀνά*, *aná* «hacia arriba» y *τέμνειν*, *témnein* «cortar») parte de la medicina que describe la estructura de los seres vivos y en la mecánica, rama de la física (Fig.65,66) que estudia y analiza el movimiento y reposo de los cuerpos y nos define las relaciones espaciales de las fuerzas aplicadas o desarrolladas y los movimientos generados. Es de esta relación bidireccional como se genera la biomecánica. (105)

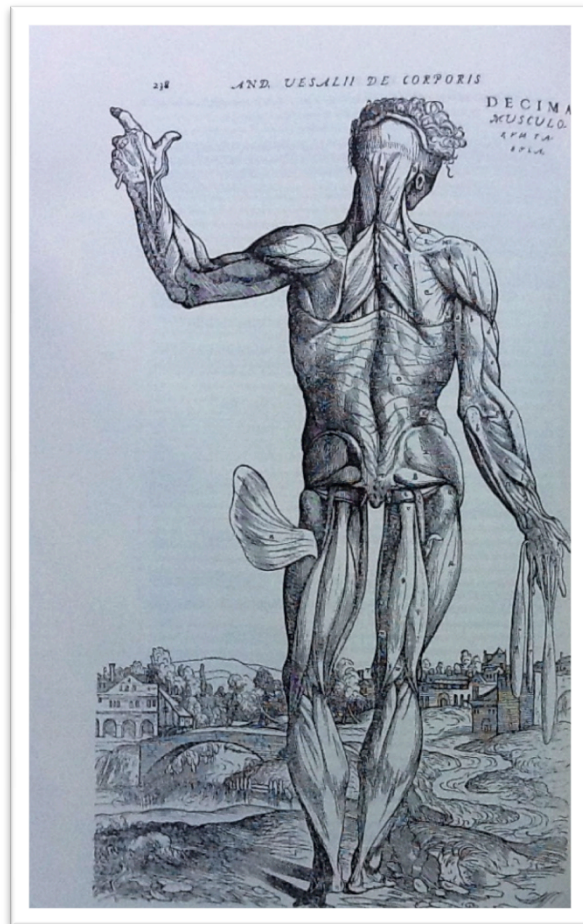


Fig.64. Anatomía.

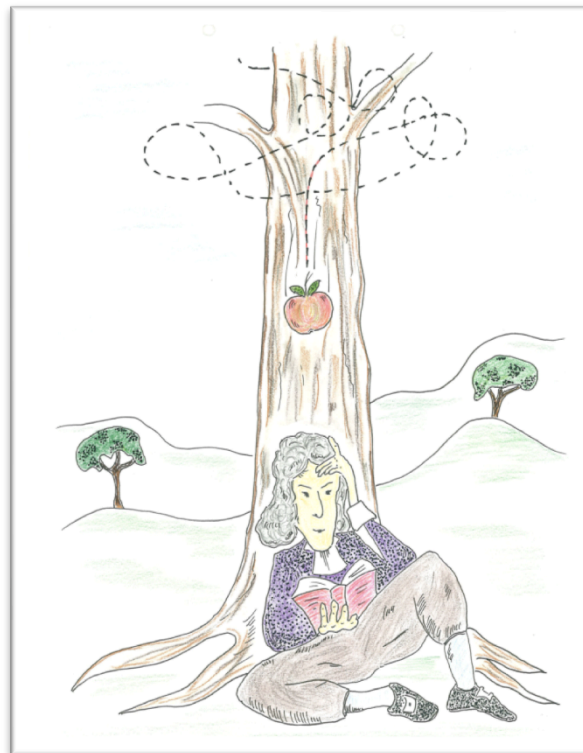


Fig.65.Física.

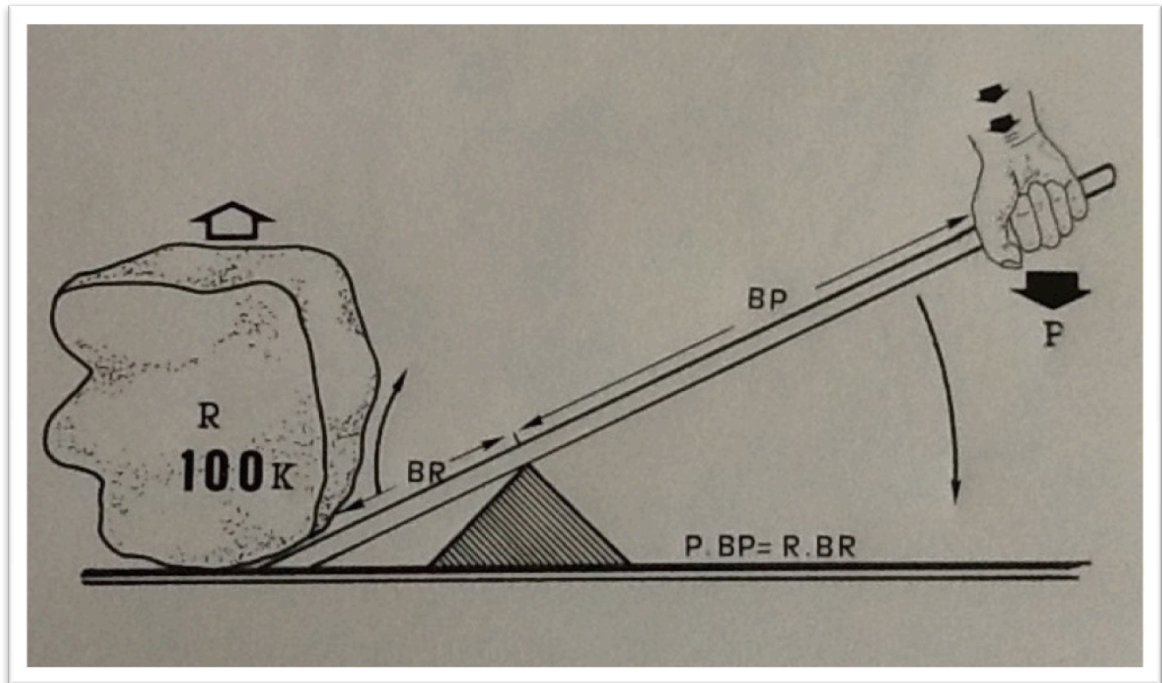


Fig.66. Mecánica.

## 4.2. HISTORIA

La biomecánica de la columna vertebral no es una ciencia asociada a la modernidad de la medicina, existiendo importantes antecedentes históricos, cuyo conocimiento así como su evolución a lo largo de los siglos tiene una gran relevancia para entender la biomecánica del siglo XXI.

Su historia es tan antigua como el papiro de Smith y puede ser dividida en tres grandes épocas:

- La antigüedad: época en la que se caracterizaba por un conocimiento muy elemental de la biomecánica, fundamentalmente debido a la falta de conocimiento de la anatomía vertebral. (106)
- La era premoderna: durante los siglos del Renacimiento, donde se desarrollan los primeros tratados científicos de biomecánica y que inspiran de forma notable el conocimiento posterior de la función de la columna vertebral. (106)
- La era moderna: se profundiza en el conocimiento biomecánico del raquis y se aplican los mismos al manejo terapéutico de las fracturas y deformidades vertebrales. (106)

#### **4.2.1. ANTIGÜEDAD**

Las primeras referencias sobre traumatismo de la columna vertebral se encuentran en el Papiro de Edwin Smith (Fig.67) (107-112), escrito entre 2600-2200 antes de Cristo. Dicho papiro es una copia del original, atribuyéndose su autoría a Imhotep, medico-arquitecto egipcio. El papiro fue vendido a Edwin Smith en 1869 y donado a la Sociedad Histórica de Nueva York en 1906. Aun así su interpretación tardó varios años, siendo publicada su primera transcripción en la década de los 30 y republicado en 1992 por la asociación Americana de Neurocirujanos. En él, se hace una perfecta descripción de las fracturas y luxaciones vertebrales, en concreto de 6 casos, con especial dedicación a la fisiopatología de las mismas. (108)



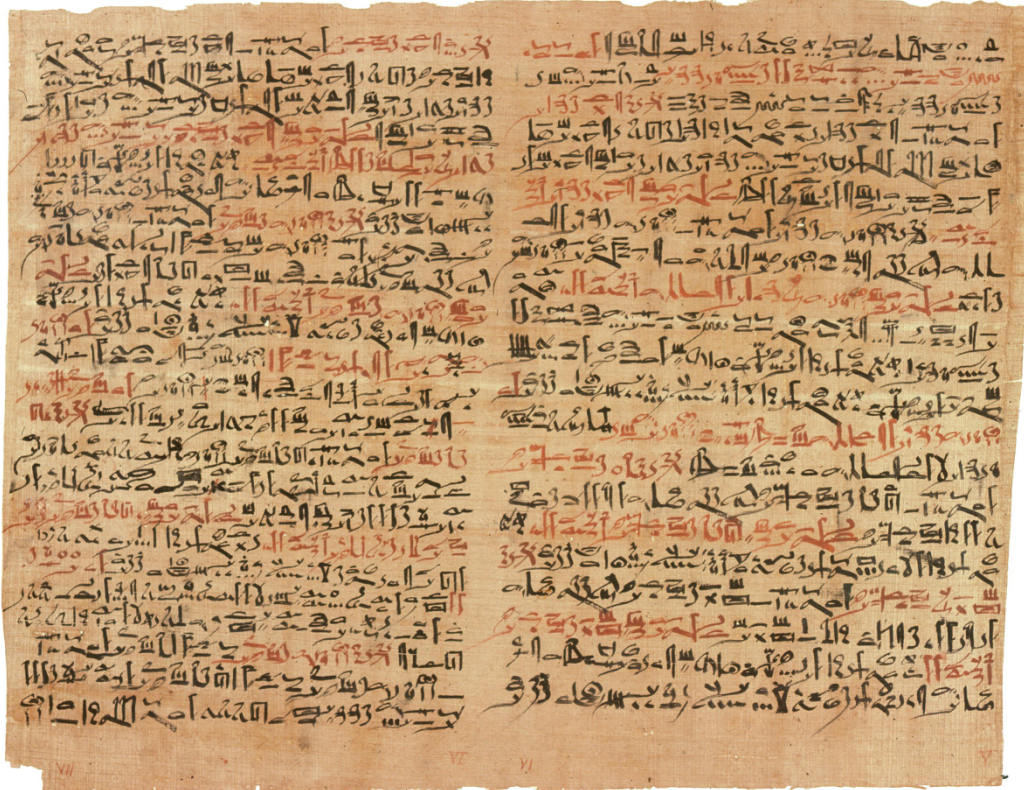


Fig.67. Papiro de Smith. (culturaegipcia.es)

La primera referencia al tratamiento de las deformidades vertebrales se recoge en el tratado “Srimad Bhagwat Mahapurana” (Fig.68) escrito hindú que data de entre 3500y 1800 antes de Cristo donde se describe la corrección de una cifoescoliosis mediante tracción axial. (37,113) Kumar tradujo los versos originales del sanscrito describiendo la aplicación de las fuerzas mediante sus pies y sus manos finalizando “Ella se transformó en una bella mujer derecha”. (37,113)



Fig.68. Papiro Hindú. (Wikipedia.org)

En la antigua Grecia existen dos periodos claramente diferenciados. El primer periodo, o periodo mitológico, que comienza con la guerra de Troya, en el cual no existen aportaciones al conocimiento biomecánico de la medicina (114), y el segundo periodo, o periodo científico, cuando Hipócrates (Fig.69) aplica conocimientos biomecánicos en el tratamiento de la patología vertebral, manteniéndose sus conceptos teóricos vigentes hasta el siglo XV después de Cristo. (115,116)

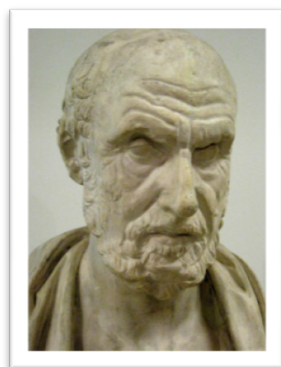




Fig.69. Hipócrates de Cos.

En esta época de la antigua Grecia nace Aristóteles (384-322 A.C.), 7 años después de la muerte de Hipócrates. Consumado científico y gran observador, puede ser considerado el primer biomecánico, ya que interpreta el cuerpo humano como un sistema mecánico. (117,118) En esta época Aristóteles demuestra un gran conocimiento del concepto del centro de gravedad, las leyes del movimiento y el brazo de palanca. (119,120)

Durante toda la época del medievo, si exceptuamos los trabajos de Galeno (121), y de Avicena (Fig.70,71), con su perfecta descripción de los movimientos de flexión, extensión así como el fenómeno de acoplamiento en la columna toracolumbar y la biomecánica de la unión craneocervical, (122,123) no existe ningún avance en los conceptos biomecánicos, en consonancia con una época histórica muy oscura desde un punto de vista científico y de conservación del conocimiento.

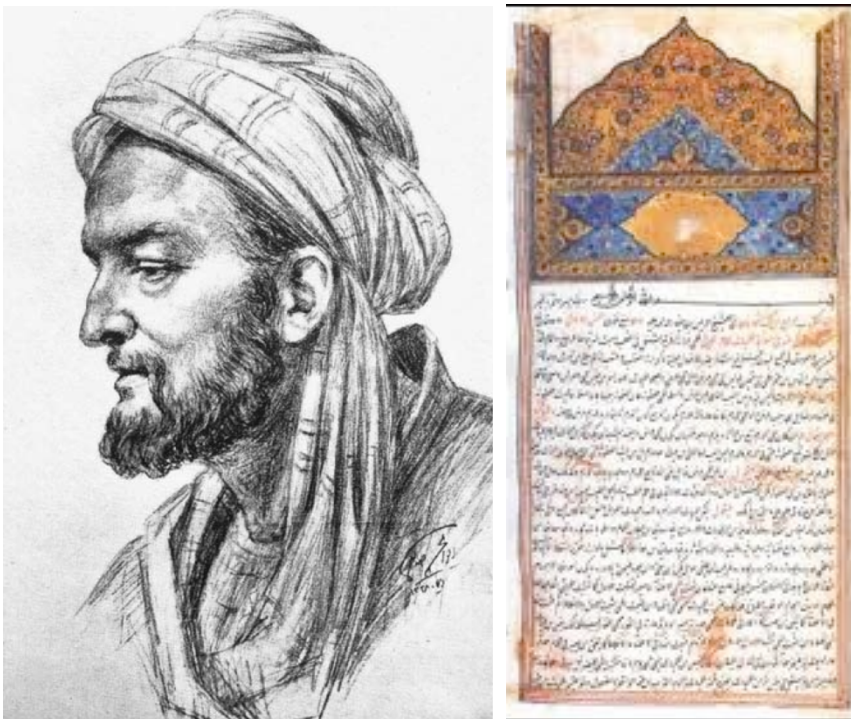


Fig.70,71. Avicena y tratado de Medicina del mismo autor.

Todos estos filósofos y pensadores aplicaron conocimientos anatómicos así como maniobras mecánicas para la solución de problemas del aparato locomotor, por todo ello deben ser tenidos en cuenta como precursores de la biomecánica, si bien como tal ciencia no existía en aquellas épocas son inspiradores de trabajos posteriores.

#### **4.2.2. ERA PREMODERNA**

Durante los siglos XV y XVI, en Italia aparecen una serie de grandes pensadores que son capaces de relacionar los conceptos anatómicos previos, con datos matemáticos y datos mecánicos del funcionamiento del cuerpo humano siendo los esbozos de la ciencia biomecánica actual.



Fig.72. Retrato de Leonardo Da Vinci.

Dentro de este renacer de la ciencia, no es posible hablar de este periodo de la historia sin mencionar en primer lugar a Leonardo da Vinci (1452-1519). (Fig.72)

Fue el primero en hablar del concepto de estabilidad vertebral, así como de la importancia de los ligamentos, tendones y músculos (Figs.73,74). A lo largo de su vida Leonardo se fue enfocando hacia la geometría y mecánica del cuerpo humano con el fin de descifrar los secretos de la fisiología humana. Es claro que por vez primera la biomecánica de la columna vertebral se tuvo en consideración para interpretar y entender los desordenes de misma. (106)

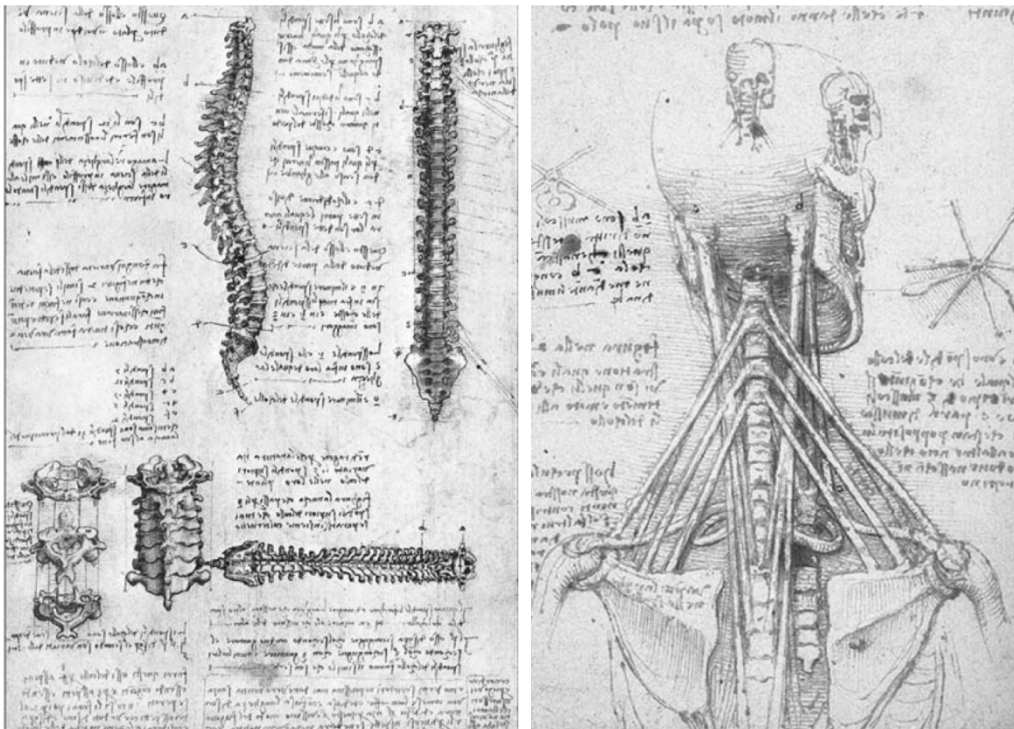


Fig.73,74. Ilustraciones anatómicas de la columna vertebral y musculatura paravertebral de Leonardo Da Vinci.

Vesalio (1514-1569) ocupa un lugar eminente en la historia de la biomecánica, ya que en su perfecta descripción anatómica de la columna vertebral (Fig.75), por el que es conocido bajo el sobrenombre de “Padre de la anatomía” al escribir *De Humani Corporis Fabrica* (Figs.75,76,77), destierra todos los conceptos



anatómicos previos y sienta las bases anatómicas para el desarrollo de los conceptos biomecánicos posteriores. (124)



Figs.75,76: De Humani Corporis Fabrica y Andrea Vesalio. (Humani Corpori Fabrica. Ediciones Doce Calles.1997.Madrid)

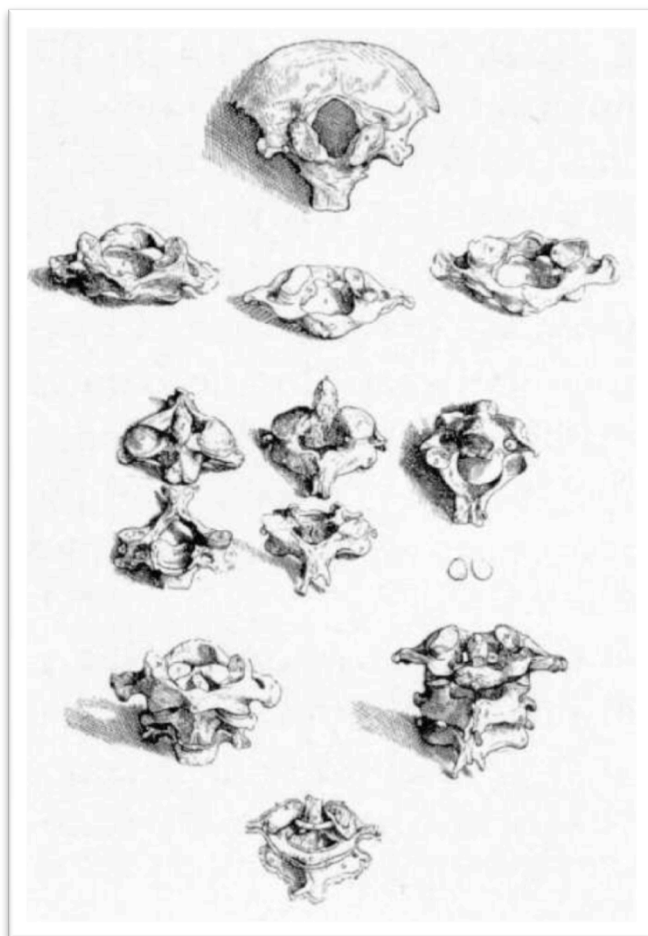


Fig.77. Dibujos de la columna cervical. Andrea Vesalio. (Humani Corpori Fabrica. Ediciones Doce Calles. 1997. Madrid)

El primer tratado de biomecánica vertebral moderno fue escrito por Giovanni Alfonso Borrelli (1608-1679) (Fig.78) y publicado a título póstumo en 1680. Borrelli fue el primer hijo de un infante de marina español, Miguel Alonso, y una dama napolitana llamada Laura Porello. (125)

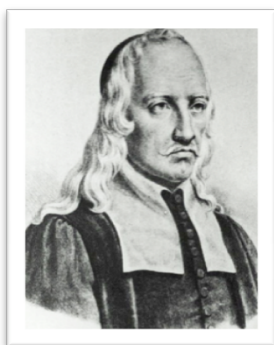


Fig.78. Retrato Borrelli

A lo largo del siglo XVII una corriente de pensamiento y revolución tanto de la ciencia como de la medicina se expandía por toda Italia, dejando atrás los conceptos místicos y mágicos de épocas previas para los ignorantes. Es en este ambiente del Renacimiento, donde Galileo desarrolla el telescopio, Leonardo da Vinci incontables experimentos, Descartes desarrolla el concepto de la diferencia entre mente y espíritu, Pascal describe la atmosfera y Harvey describe la circulación del cuerpo humano, donde uno de los más revolucionarios y concienzudos pensadores de la época, Giovanni Alfonso Borelli escribe una obra de extraordinario calado, “De Motu Animalium” (Fig.79).(125)

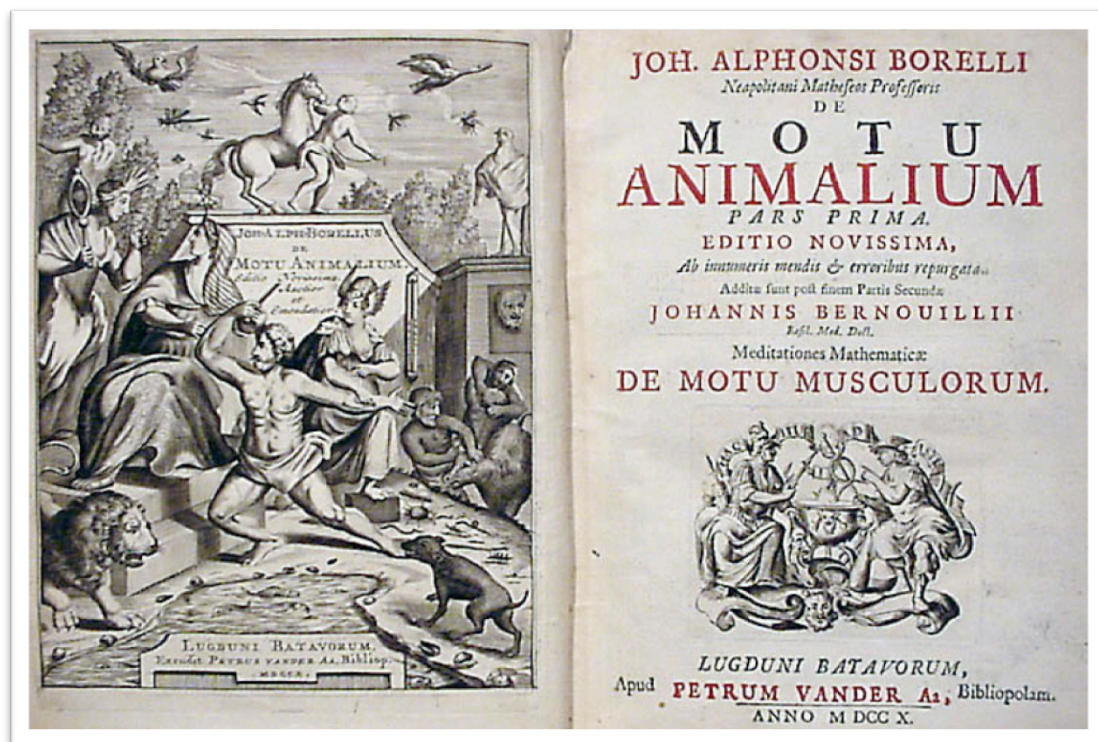


Fig.79. Motu Animalium de Giovanni Borrelli

Gran pensador, que a la edad de 23 años daba conferencias publicas en Messina, siendo considerado un gran pensador en los campos de matemáticas, filosofía, química, física y astronomía. Mucho más importante para nuestro objetivo es que



fue una de los fundadores de la “iatromecanica” o aplicación de la mecánica a la fisiología. Es este concepto el predecesor de la biomecánica actual. (126)

“De Motu Animalium” nos permite conocer su contribución a la comunidad científica y médica de la época así como analizar la trascendencia de la misma en el desarrollo de la medicina y en concreto de la biomecánica de la columna vertebral . (126)

De Motu Animalium fue publicada a título póstumo, gracias a la colaboración financiera de la reina Cristina de Suecia. En ella Borelli habla de la iatrofísica, como era conocida en esos tiempos la aplicación de la física a la medicina y la cirugía.

El capítulo XII del tomo I es dedicado de forma completa a la biomecánica de la columna vertebral. En ella comienza haciendo simples deducciones mecánicas para ir construyendo progresivamente y metódicamente las fuerzas exactas desarrolladas por la musculatura paravertebral y el disco intervertebral. En dicha obra utiliza una frase para describir la columna vertebral “La arquitectura divina que permite al animal moverse de diferentes formas”, reafirmando en su idea de que la naturaleza crea estructuras diferentes con diferentes propósitos, como la ausencia de cartílago en los platillos vertebrales de las mismas características que en otras articulaciones, y porque estos son planos y rugosos en vez de suaves y deslizantes. En base a múltiples observaciones y cálculos llegó a la conclusión que la columna vertebral debería ser una estructura estable y que para tener una adecuada flexibilidad esta debería estar articulada en múltiples segmentos (Fig.80). (126,127)

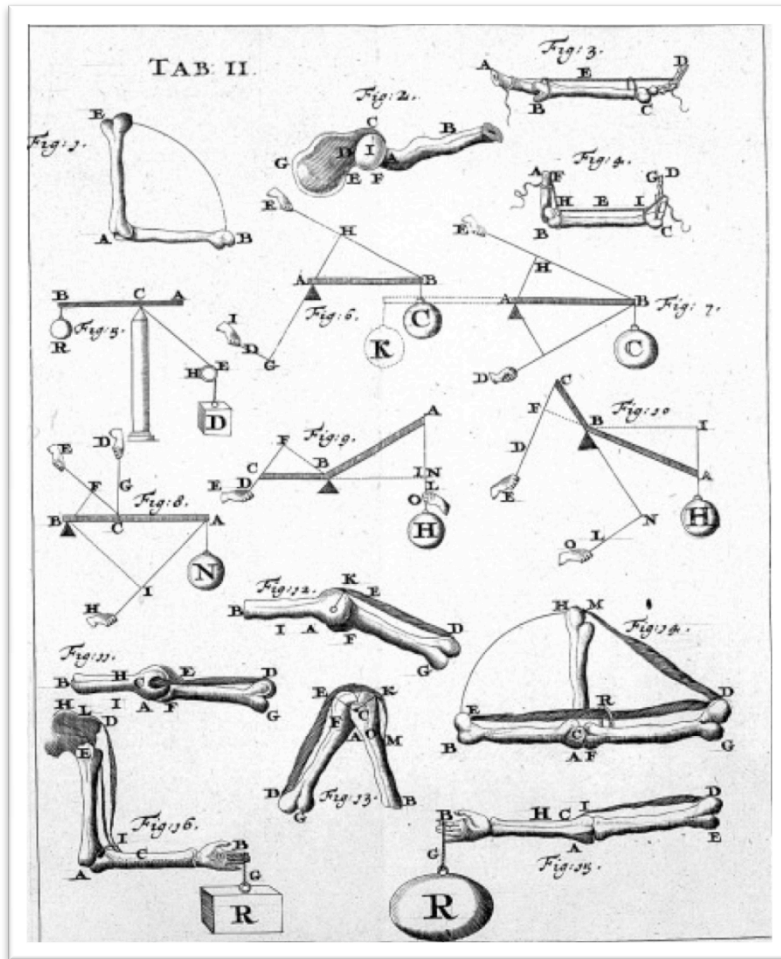


Fig.80. Ilustraciones sobre la explicación de los movimientos diferentes según las distintas necesidades. Motu Animalium.

Basado en unos conceptos anatómicos muy profundos, Borrelli percibió la importancia extraordinaria y las diferentes funciones de los discos intervertebrales en la biomecánica vertebral. Así su suavidad permitiría una función amortiguadora a la vez que su fortaleza impediría luxaciones y la elasticidad permitiría pequeños movimientos de las vértebras en todas las direcciones. Incluso fue capaz de calcular y evaluar que la mayor parte de la carga transmitida a través de la columna vertebral se hacía a través de los discos intervertebrales y una pequeña parte por la musculatura posterior (Fig.81).



Borrelli es el primer científico que describe el centro humano de gravedad (Fig.82).

(127)



Fig.81. Ilustración sobre el reparto de cargas de Giovanni Borrelli.

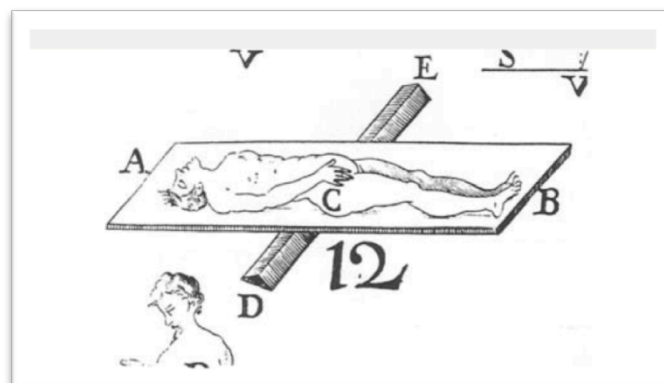


Fig.82. Ilustración del experimento de Borrelli para determinar el centro de gravedad.

Cuando leemos su tratado nos damos cuenta que su contribución, gracias a la iatromecánica, a la cirugía vertebral fue significativa, describiendo y calculando las fuerzas vertebrales, discales y musculares que están involucradas en la columna vertebral, y es probable que si no hubiera sido por su contribución muchos de los principios fundamentales de la fisiología y biomecánica humana hubieran permanecido sin explicar durante años. (127)

Gracias a todos sus trabajos sobre biomecánica vertebral, Giovanni Alfonso Borrelli se ganó el título de “Padre de la biomecánica vertebral”. (126)

Después de toda esta catarata de conocimientos y revolución cultural tanto en el campo de la anatomía como de la biomecánica, la era premoderna se centra en la aplicación de la biomecánica al tratamiento de los distintos problemas del raquis, con el fin de que tengan una base científica y poder darles un enfoque terapéutico científico y no mágico o tradicional.

Isaac Newton (1642-1727) (Fig.83,84) no escribió ningún tratado específico de biomecánica, pero sería injusto no nombrarle ya que sus cálculos, leyes de movimiento (Fig.85) y análisis de las características de los fluidos fueron clave en la creación de la biomecánica como campo de estudio específico. (128)

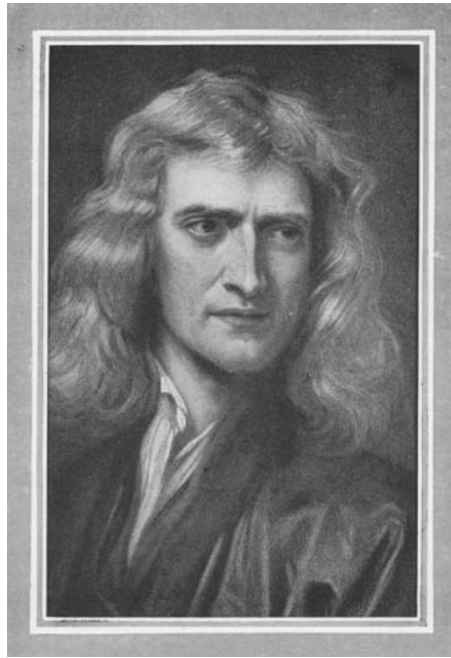


Fig.83. Isaac Newton.



Fig.84. Memorias de Isaac Newton.(cultura colectiva.com)

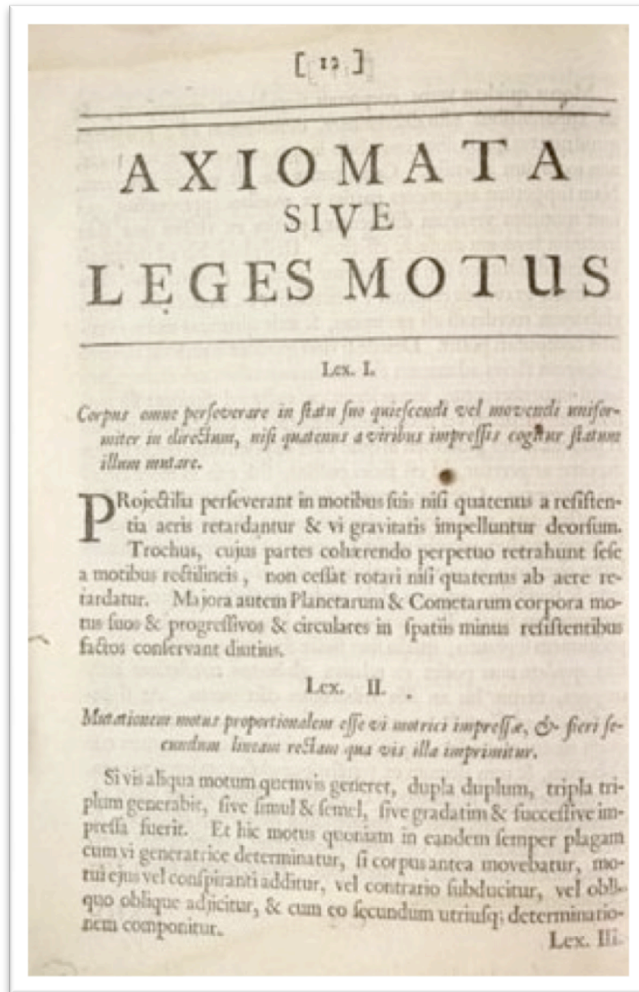


Fig.85. Leyes del movimiento. Isaac Newton.(wikipedia.org)

Leonard Euler (1707-1783), científico y matemático suizo, considerado uno de los padres de las matemáticas puras desarrolló trabajos sobre la columna vertebral, considerándola como cualquier estructura columnar y por lo tanto debe estar diseñada para soportar cargas compresivas, existiendo lo que denominó punto crítico de carga que si se sobrepasa aparecerá una inestabilidad de la columna vertebral. Euler en 1744 describe la estabilidad vertebral desde un punto de vista matemático incluyendo datos de función vertebral, altura y rigidez. Todo este análisis matemático de la estructura vertebral, no siendo un análisis biomecánico completo, permitió realizar modelos biomecánicos de gran precisión. (106)

Thomas Young (1773-1829) trabajó en el desarrollo de la voz humana y la identificó como el resultado de las vibraciones. En el campo de la biomecánica mejoro la ley de Hooke al ser capaz de desarrollar un parámetro numérico, el modulo de Young. Con él describe la relación entre las fuerzas y la tracción o compresión de diferentes materiales. El modulo de Young (fig.86) se usa de manera amplia en el campo de la biomecánica vertebral en la actualidad. (128)

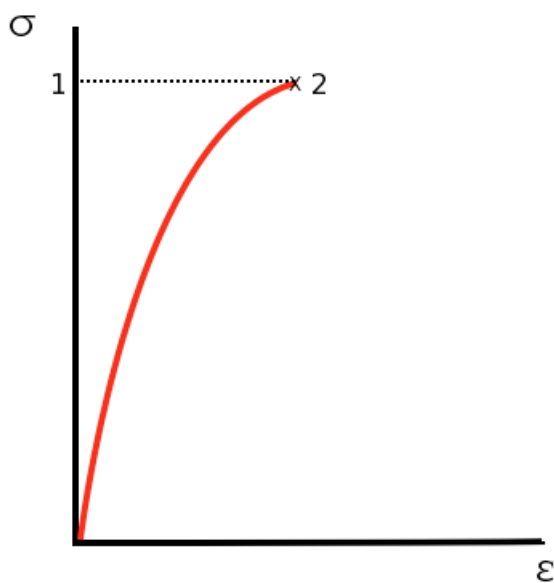


Fig.86.Diagrama de tensión deformación. Modulo de Young= tangente a la curva en cada punto.(wikipedia.org)

En el siglo XIX Julius Wolff (1836-1902), cirujano ortopédico alemán (Fig.87), publicó un tratado sobre la relación entre la forma y la función ósea “Das Gesetz der Transformation de Knochen”. En ella publica la ley de Wolff en la cual, desde un punto de vista matemático, define que cualquier cambio en la función ósea genera cambios en la microarquitectura vertebral y en la morfología externa. (129) Esta ley, de casi dos siglos de antigüedad, permite explicar los cambios anatómicos que se producen en el raquis vertebral después de una fractura vertebral o después de una artrodesis vertebral.



Fig.87. Julius Wolff

Durante esta era premoderna de la biomecánica, en Boston, Herbert Burrell, realizó importantes observaciones sobre las fracturas vertebrales. Llegó a la conclusión biomecánica de que para obtener un buen pronóstico en el tratamiento de las fracturas vertebrales era importante la aplicación de los principios biomecánicos de reducción, inmovilización y fijación externa de las mismas. (130)

### 4.2.3. ERA MODERNA

Sin duda el siglo XX ha representado el momento clave en el despegue de los estudios biomecánicos sobre la columna vertebral. En el comienzo de este siglo todos los trabajos se centraban en obtener información de los entrenamientos de los gimnastas y otras actividades deportivas para posteriormente y debido a los conflictos mundiales existentes, 1ª y 2ª Guerras Mundiales, centrarse en lesiones de alta energía como en los pilotos de aviones con problemas en los sistemas de eyección de los asientos.

Friedrich Pauwels fue uno de los científicos que con mayor entusiasmo estudió la biomecánica del sistema musculoesquelético (Fig.88) y de la consolidación de las fracturas durante la primera parte del siglo XX. (127)

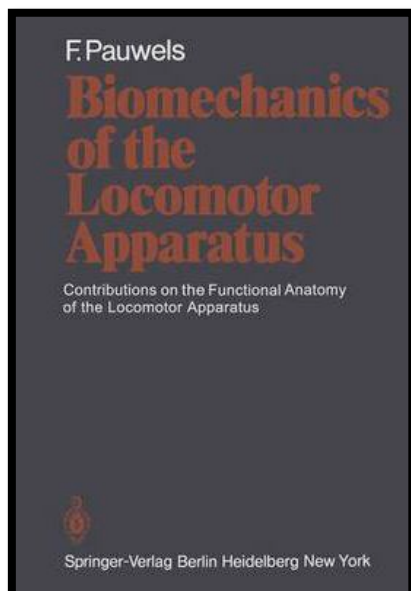


Fig.88. Biomecánica de Pauwels

Probablemente uno de los pioneros de esta biomecánica moderna fue Carl Hirsch, realizando trabajos sobre la biomecánica de la cadera, rodilla y columna vertebral. Todos sus trabajos sirvieron de inspiración para un gran número de científicos que trabajaron sobre la biomecánica vertebral durante las décadas de los 50 y 60 tales como Víctor Frankel, George Galante, Augustus White, Wilson Hayes, Albert Schultz, Nachemson o Lysell. (131-135)

A todos ellos se les debe considerar los pioneros de la biomecánica moderna, al desarrollar sus trabajos en laboratorios biomecánicos, permitiendo incrementar el número de trabajos científicos sobre la materia así como elaborar unas pautas de enseñanza de la biomecánica. (136-144)

Sobre estas bases biomecánicas se fundamenta lo que puede entenderse como correcto, no solo en función de los conocimientos biomecánicos actuales sino que ya desde los tiempos previamente descritos de Borelli, que nos refiramos a la columna vertebral como el *órgano axial de soporte y cohesión del cuerpo humano*. Es de capital importancia el reconocer que la columna vertebral no solo participa sino que determina la estática y la dinámica de la totalidad de la actividad de la anatomía humana, así como coordina las fuerzas que mantienen el cuerpo en bipedestación tanto estática como dinámica y especialmente en aquellas situaciones de máximos desequilibrios y exigencias mecánicas, tales como las actividades laborales, deportivas y artísticas cuando se somete a la columna a requerimientos físicos límite desde el punto de vista de carga física así como de exigencias de movilidad. (145,146)



Así pues, la columna vertebral ha de cumplir dos misiones una estática y otra funcional o dinámica, como ya conocíamos desde los primeros trabajos biomecánicos del siglo XVII.

#### **4.2.4. DESCRIPCION BIOMECANICA DEL RAQUIS**

La columna vertebral es una estructura mecánica de gran complejidad que consta de palancas (cuerpo vertebral), pivotes (facetar, discos), sujeciones pasivas (ligamentos) y elementos móviles (músculos). Dentro de la estructura vertebral podemos distinguir dos áreas bien diferenciadas, la columna anterior formada por el cuerpo vertebral y los discos intervertebrales que es el área de soporte de carga axial y la columna posterior, formada por el arco posterior y los ligamentos correspondientes que van a contribuir a mantener la estabilidad y modular su funcionalidad. Las facetar posteriores en función de su disposición van a limitar la rotación, flexoextensión, inclinación y traslación vertebral. Las estructuras musculares contribuirán al movimiento y a la absorción de cargas. Todos estos elementos vertebrales son de gran importancia para la compresión biomecánica y por tanto merecen un análisis pormenorizado. (145)

El cuerpo vertebral (Fig.89) es una estructura cilíndrica con pequeñas modificaciones en función del segmento vertebral, cuya altura, diámetros anteroposterior y trasversal se van incrementando en sentido cráneo-caudal, con dos excepciones, la altura de C6 es inferior a la de C7 y la altura posterior del

cuerpo disminuye caudalmente a L2. Este diseño morfológico es el responsable del incremento progresivo de resistencia a la carga axial de la columna vertebral.(145)

Las facetas articulares (Fig.89) forman una articulación con cápsula articular y líquido sinovial. Su función desde el punto de vista de la carga axial es menor en el raquis vertebral, pero son fundamentales en función de su orientación para determinar el rango de movimiento de cada segmento vertebral. (145)

La lámina vertebral (Fig.89) es una parte de la vértebra cuya función principal consiste en la protección de los elementos neurales, representado su límite dorsal y el origen de las apófisis espinosas. No representa un elemento de carga pero a través de las inserciones de la musculatura paravertebral va a generar movilidad y estabilidad al conjunto del raquis. (145)

El pedículo vertebral (Fig.89) representa una estructura de capital importancia ya que es el nexo de unión entre el arco posterior y el cuerpo vertebral, permitiendo la integración entre las estructuras de carga y las estructuras de estabilidad vertebral. Su morfología y tamaño se va modificando a lo largo de la columna vertebral, siendo importante en la cirugía vertebral actual por el incremento en el uso bien de material traspedicular o bien de abordajes del cuerpo vertebral vía traspedicular. (145)

El disco intervertebral, como ya describió Borelli, consta de tres áreas bien diferenciadas como son el núcleo pulposo, el anillo fibroso y el cartílago del platillo vertebral que van a aportar una gran resistencia a la carga axial del raquis. El

proceso de envejecimiento fisiológico, así como la pérdida de volumen por la deshidratación discal progresiva con la edad o postraumática le hacen perder propiedades de absorción de carga axial generando un bypass de carga por el estrechamiento del espacio discal. (145)

Las apófisis transversas (Fig.89) son estructuras para el anclaje de elementos musculoligamentarios y van a permitir proveer al raquis de estabilidad y movilidad. (145)

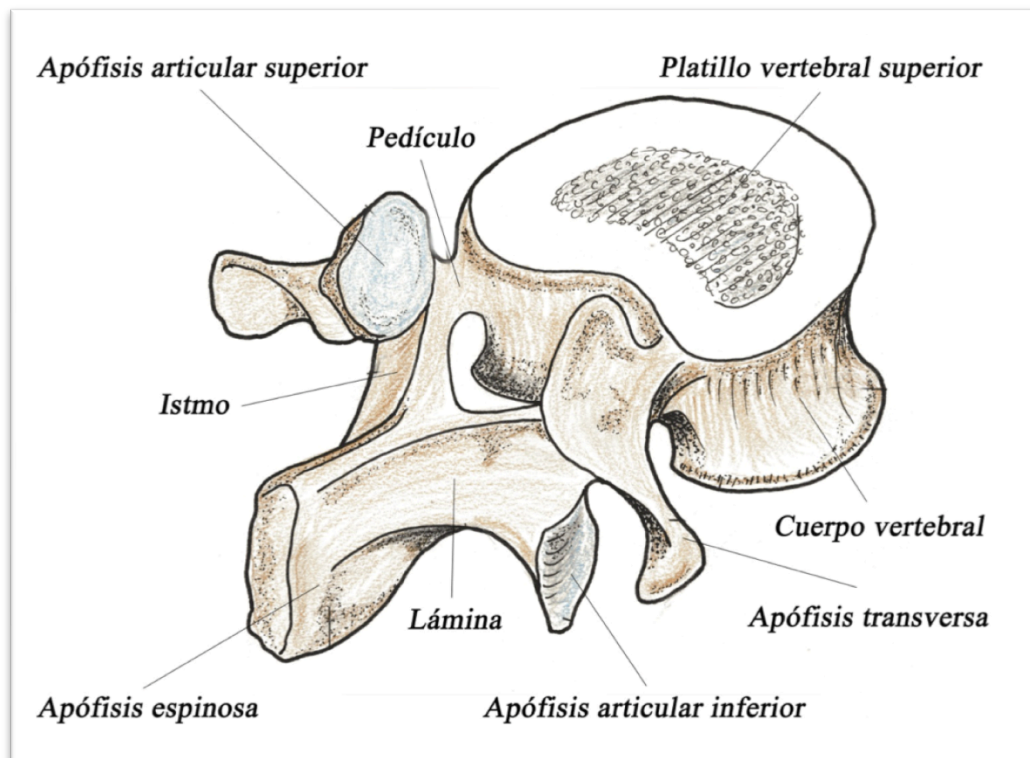


Fig.89. Imagen de las distintas partes de una vértebra tipo, distintas proyecciones.

Los ligamentos vertebrales poseen diferentes características y propiedades en función del ligamento que se trate así como de la región anatómica de la columna

vertebral. En primer lugar, todos ellos deben permitir los movimientos fisiológicos así como mantener las relaciones espaciales entre los cuerpos vertebrales (146).

En segundo lugar, juegan un papel fundamental en la labor de protección de las estructuras neurológicas gracias al mantenimiento de las relaciones entre cuerpo vertebrales, siendo estas relaciones vitales a la hora de mantener la funcionalidad neurológica de la médula espinal y sus estructuras asociadas (145,146). Las características de elasticidad y resistencia intrínsecas ligamentarias así como la longitud de su brazo de palanca van a determinar su efectividad y tipo de función. Existen siete estructuras ligamentosas en la columna vertebral que van a proveer estas funciones según las actividades fisiológicas y suprafisiológicas que estemos desarrollando.

El ligamento interespinoso es un estructura poco potente desde el punto de vista de tamaño anatómico, e incluso ausente o deficiente en los segmentos lumbares bajos, L4-L5-S1, pero su brazo de palanca y elasticidad le confieren un gran efecto mecánico en el control de la función del raquis. (145)

El ligamento amarillo va a presentar cambios en su composición en función del área vertebral, mayor grosor a nivel del raquis torácico, y de la edad, pierde capacidad elástica y aumenta su porcentaje de tejido fibroso con el envejecimiento. Es una estructura potente pero con brazo de palanca muy corto provee escasa función de estabilización únicamente en flexión. Es una estructura muy importante en la etiopatogénesis de la estenosis de canal degenerativa por su localización y disposición en la configuración del canal vertebral. (145)

El ligamento vertebral común anterior, estructura de potencia importante, debe su función de control de la extensión a su exclusiva localización en la cara ventral de los cuerpos vertebrales y anillos fibrosos de los discos intervertebrales.

El ligamento vertebral común posterior, localizado en la cara dorsal de los cuerpos vertebrales y anillos fibrosos discales, con el brazo de palanca menor de todas las estructuras ligamentarias, controla la flexión del raquis. (145)

Ligamentos intertrasversos son estructuras íntimamente asociadas a la función muscular paravertebral, con determinada función en el control de los movimientos rotacionales del raquis y finalmente los ligamentos facetarios realizan labores de control en flexión, siendo su capacidad de control grande si se compara con su tamaño y el pequeño brazo de palanca. (145)

Las estructuras musculares van a jugar un papel no solo en la movilidad del raquis, sino que tienen un efecto biomecánico de estabilización del raquis de gran importancia, que nunca debe ser minusvalorado cuando se lesionen otros elementos de estabilidad vertebral. (145)

Una vez analizados los componentes vertebrales aisladamente es importante hablar de la unidad vertebral funcional, que es el segmento vertebral más pequeño cuyo comportamiento biomecánico es similar al de la columna vertebral en conjunto. Está formado por dos vértebras contiguas, el disco intervertebral y los ligamentos que las conectan. Su estructura tridimensional hace que sea necesaria

la comprensión de los movimientos básicos de dicha unidad funcional para permitir entender los problemas derivados de las lesiones de la columna vertebral (146):

1. Rotación: giro o desplazamiento angular de un cuerpo alrededor de su eje.

Su medida se realiza en grados. (Fig.90)

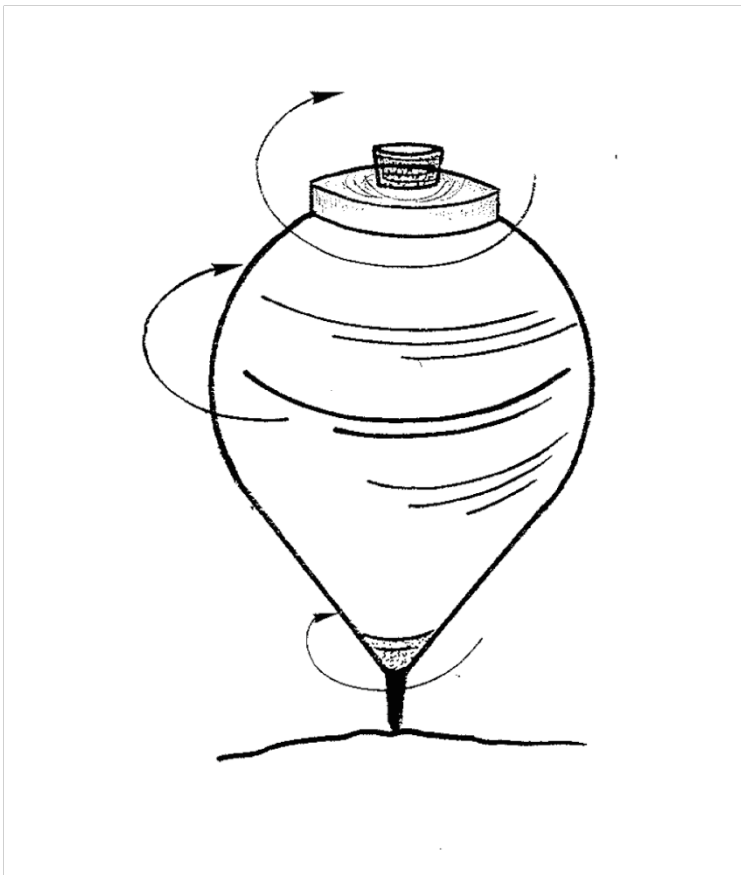


Fig.90. Rotación de un objeto.

2. Traslación: un cuerpo se desplaza en una dirección con respecto a un punto fijo. Su medida se realiza en mm. (Fig.91)

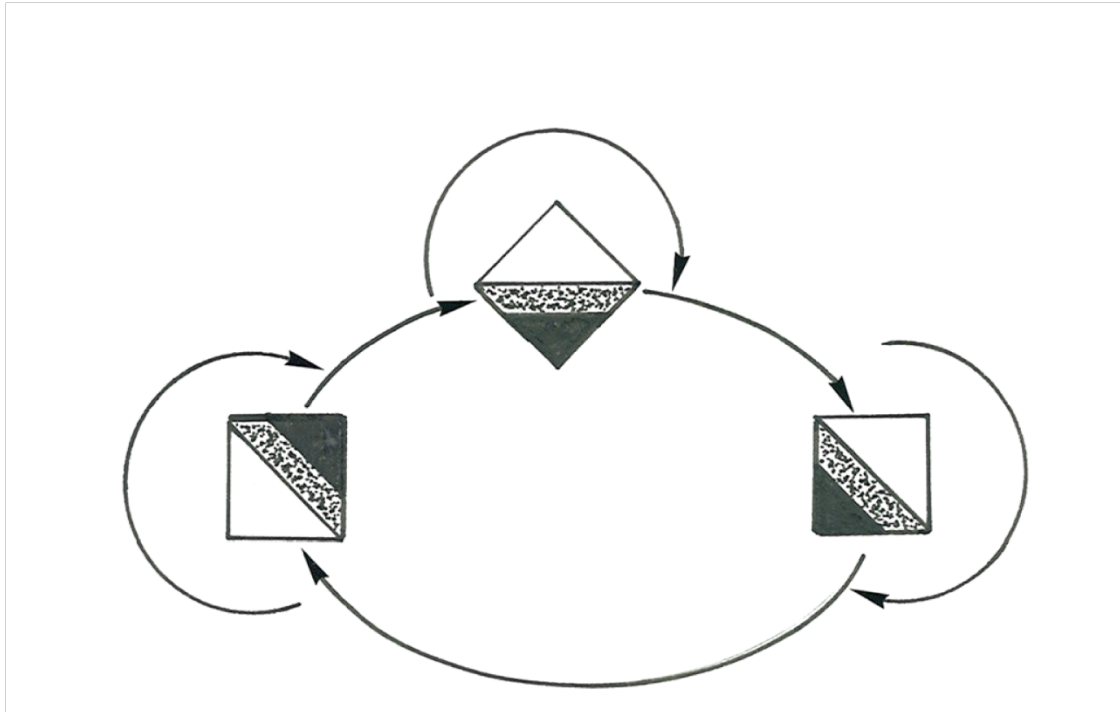


Fig.91. Traslación.

3. Rango de movimiento: diferencia entre los dos puntos extremos de un determinado movimiento.
4. Eje instantáneo de rotación: lugar geométrico de los puntos del sólido de velocidad mínima o bien el lugar geométrico de los puntos del sólido cuya velocidad es paralela a la dirección de la velocidad angular del mismo.

5. Acoplamiento: cuando la rotación o traslación con respecto a un eje se realiza asociada a rotación o traslación con respecto a otro eje.

El concepto de inestabilidad vertebral viene definido por la “pérdida de la capacidad de la vértebra para mantener las relaciones vertebrales en condiciones fisiológicas” (146). En situaciones postraumáticas aquellas estructuras dañadas y no reparadas van a generar problemas estructurales de la columna vertebral y complicaciones futuras por la falta de solución anatómica, mecánica y por ende biomecánica.

Como última estructura vertebral objeto de análisis biomecánico, nos encontramos la región sacrocoxígea. Es evidente que el sacro representa un papel básico de la misma y al estar integrado en la formación del esqueleto pelviano su función es principalmente estático. Recibe sobre él ,la carga de la cabeza, del tronco, y de las extremidades superiores, la cual le es transmitida a través del conjunto vertebral superior o dinámico realizando la trasferencias de las mismas hacia las extremidades inferiores. (146)

Conclusión de la biomecánica vertebral debemos entender que el raquis, no solo actúa como un trasmisor de cargas estáticas sino que además y en colaboración con los sistemas neurológicos musculares y ligamentosos participa activamente en la locomoción de la totalidad del cuerpo y lo hace en la forma más exigente conocida y única para nuestra especie, cual es la bipedestación.



Así mismo la columna participa en funciones no menos importantes, cual es la de la orientación asegurando la disposición de la línea de los ojos, siempre acomodándose al horizonte.

Si las funciones mecánicas tanto estáticas como dinámicas son importantes, no lo es menos la función de protección a otros órganos que la columna brinda principalmente al sistema neurológico, albergando en su interior, en el canal raquídeo a una parte importante del SNC y así mismo a las raíces nerviosas que de él emergen.

Esta función de protección mecánica que realiza la columna ,no está limitada a las estructuras neurológicas sino que protege y fortalece tanto a la cavidad torácica como a la abdominal de las que forma parte estructural y les proporciona solidez esquelética.

Y finalmente aquella estructura altamente especializada que hace de nexo de unión para interrelacionar los distintos segmentos funcionales es el disco intervertebral, las articulaciones apofisarias posteriores que tienen carácter diartrodial sinovial y un importante complejo ligamentario y capsular.

Es en este entorno de la totalidad de los elementos involucrados intactos cuando la función biomecánica es normal. Cuando se produce una alteración de la morfología o de la función de los mismos después de una fractura vertebral es necesario de un punto de vista biomecánico, anatómico y mecánico, por lo tanto biomecánico, la

reparación de los máximos elementos posibles para evitar descompensaciones futuras.

## **5. EPIDEMIOLOGIA**

### **5.1. INTRODUCCION**

Las fracturas vertebrales por compresión, bien por origen traumático o causa patológica, suponen un problema sanitario de primer orden en los países occidentales, no solo por su elevada incidencia sino también por las elevadas tasas de morbilidad que generan, la alteración en la calidad de vida en los pacientes y sus familias así como los grandes costes sociales, el elevado gasto sanitario, rehabilitador y la pérdida de productividad que generan entre la población afecta.

(147-150)

Se pueden dividir en dos grandes grupos:

1. Fracturas traumáticas de alta energía
2. Fracturas patológicas:
  - a. Fracturas osteoporóticas-traumáticas de baja energía 90%
  - b. Fracturas tumorales 10%

## 5.2. FRACTURAS TRAUMÁTICAS DE ALTA ENERGÍA

Las lesiones traumáticas de alta energía son la principal causa de discapacidad y de muerte entre los adultos jóvenes (151-155). La presencia de lesiones en la columna vertebral y a nivel medular son frecuentes en este tipo de traumatismo, siendo este tipo de lesiones las más invalidantes y con menor tasa de retorno laboral de todas las lesiones del organismo (154).

Los estudios epidemiológicos clásicos relacionaban las lesiones de alta energía y los traumatismo medulares pero en estudios epidemiológicos más recientes (156) nos encontramos que al corregir la incidencia ajustada por edad para adultos mayores de 65 era mayor que en el grupo de edad de 15 a 64 años. Este cambio de tendencia tiene unas connotaciones importantes en cuanto a la etiología en este grupo de edad, estancia hospitalaria así como la tasa de morbi-mortalidad asociada que hace necesario la actualización del planteamiento de prevención así como de tratamiento etiológico de las fracturas vertebrales.

Cada año aparecen 50.000 nuevos casos de fracturas vertebrales en los Estados Unidos, si bien aproximadamente 40.000 de ellos no presentan lesión neurológica, y existe una clara tendencia al descenso de lesiones agudas de la medula espinal, las complicaciones derivadas de la lesión osteodiscal tales como la aparición de un desbalance sagital y el incremento del riesgo de degeneración discal son cada día mayores y con una demanda de tratamiento etiológico y preventivo de secuelas en claro crecimiento. (157,158)

La incidencia media en países occidentales es de 64 casos por 100000 habitantes, siendo la distribución por sexos levemente superior entre los varones(52%) que entre las mujeres(48%), y la frecuencia de hospitalización superior entre los varones(60%) que entre las mujeres(40%). Existe otro factor de riesgo añadido que es el nivel de renta per cápita ya que entre la población con poder adquisitivo mayor el nivel de riesgo es aproximadamente la mitad. (157)

En cuanto al mecanismo de la lesión, entre la población joven, el accidente de tráfico es la causa más frecuente con una tasa anual de 14.4 por 100.000 habitantes, siendo a partir de los 70 años la caída accidental la causa más prevalente.

La distribución por regiones anatómicas también presenta variaciones en la incidencia, las fracturas dorsolumbares, objeto de esta tesis doctoral, representan el 72.5% de todas las fracturas traumáticas, siendo el porcentaje restante dividido entre el resto de regiones anatómicas del raquis, región cervical y región sacra. Dentro de la región dorsolumbar, las fracturas se localización fundamentalmente en el área de la charnela dorsolumbar, T11-L2, de forma predominante, al ser una región con características biomecánicas muy específicas que le hacen ser zona diana para este tipo de patología. (157)

La afectación neurológica varía entre un 10% y un 30% en función de los distintos estudios epidemiológico, (158,159) ocurriendo en la región torácica en un 16% de

los casos, siendo estas fundamentalmente en la región torácica alta, y en la región lumbar dicha afectación neurológica es del 16.8% de los casos.

Es evidente que este tipo de lesiones con afectación neurológica precisan de artrodesis quirúrgica, con descompresión de los elementos neurales, según los estándares de tratamiento actual, cuya finalidad es permitir al paciente iniciar el proceso de rehabilitación y readaptación de la forma más precoz posible, pero no es menos evidente que el riesgo de deformidad residual en las fracturas no neurológicas, con las complicaciones derivadas de una cifosis residual locoregional y alteración del balance sagital, siendo la lesión neurológica progresiva, el dolor y la limitación funcional las complicaciones potencialmente más serias derivadas de este desbalance sagital así como las alteraciones biomecánicas, fundamentalmente a nivel del disco intervertebral y articulaciones facetarías supraadyacentes a la fractura, que se generan por los desbalances sagitales que aparecen. (160)

La estancia media de los pacientes sin lesión neurológica es de 29.2 días con una desviación standard de 61,6, siendo el grupo de edad con mayor incidencia el de 20-29 años y el de lesiones de mayor severidad el de 25-29 años. (157)

### 5.3. FRACTURAS PATOLÓGICAS

El riesgo estimado de padecer una fractura vertebral o de muñeca después de los 50 años es de un 40% en las mujeres y un 13% en los hombres, siendo las fracturas vertebrales el tipo de fractura más habitual en la osteoporosis (161,162), con una frecuencia tres veces mayor que la fractura de cadera, constituyendo aproximadamente el 44% de todas las fracturas asociadas osteoporosis.

Es conocido que el riesgo global de padecer fracturas patológicas es diferente en función del sexo, pero la diferencia asociada a los grupos de edad también es evidente, siendo la prevalencia de fracturas vertebrales del 6.5% en el grupo de 50-59 años, 17.6% en el grupo de 60-69 años, 27.5% en el grupo de 70-79%, 46.% en el grupo de 80-89% y del 77.8% en los pacientes mayores de 90 años. (157,163-165)

Aproximadamente el 30% de las mujeres postmenopáusicas en el mundo occidental padecen osteoporosis, con especial énfasis en la columna vertebral lumbar donde el 16% presentan fragilidad ósea. La prevalencia de osteoporosis en USA se estima van a sufrir un incremento de 10 millones a mas de 14 millones para el año 2020, si tenemos en cuenta datos de los censos del 2000. (166)

La consecuencia fundamental de la baja masa ósea es el incremento del riesgo de presentar fracturas osteoporóticas. La aparición de fracturas vertebrales afecta al 25% de las mujeres postmenopáusicas y aunque la prevalencia de fracturas

osteoporóticas es mayor en mujeres, hay estudios epidemiológicos recientes que reflejan que la tasa de fracturas vertebrales es igual en mujeres que en hombres si bien debido a la mayor expectativa de vida de las mujeres el riesgo asociado a la expectativa de vida de fractura vertebral después de los 50 años es del 16% en el caso de mujeres blancas y del 5% en varones (161,162,164). No solo demuestran que la tasa es similar sino que demuestran que la relación entre fractura y tasa de mortalidad es mayor en hombres que en mujeres. (165)

Así tenemos que el número de fracturas vertebrales osteoporóticas en 2005 en USA fue de 547.426 de un total de 2.050.695 de fracturas osteoporóticas diagnosticadas con un coste total 1.077 millones de dólares sobre un coste global de 16.916 millones de dólares. Y si estas cifras nos perfilan la magnitud del problema, las predicciones para 2015, 2020 y 2025 cifran en un coste de 20.362, 22.369 y 25.268 millones de dólares respectivamente para cada uno de los años lo que supone un incremento del 49% en el periodo 2006-2025. (166).

Teniendo en cuenta estos datos, cualquier médico dedicado al tratamiento del aparato locomotor debería estar interesado en la osteoporosis porque la mayoría de sus pacientes van a presentar una fractura asociada a la misma antes o después, y del manejo de dicha fractura y de la osteoporosis va a depender la calidad de vida del paciente.

Pero el problema no solo es una cuestión de incidencia o de presupuesto dedicado al tratamiento de las fracturas vertebrales osteoporóticas, sino de las consecuencias en la alteración de la calidad de vida y en la expectativa de vida, ya



que existe un incremento de la mortalidad en este grupo de pacientes de entre un 24% a un 34% cuando se correlaciona por sexo y grupo de edad (167,168) y aun mas ya el descenso en la calidad de vida de estos pacientes evaluado desde el punto de vista de días de incapacidad y días de limitación es similar al de la patología coronaria y superior a problemas reumáticos. (169)

Estas modificaciones de la calidad de vida que si bien no son tan severas en la población con edades inferiores a 50 años, a no ser que exista una alteración del balance sagital severa, en la población con fracturas patológicas se expresan de forma más significativa ya que la alteración del balance sagital postfractura afecta al equilibrio y a la marcha contribuyendo a un incremento de las caídas accidentales (170,171), e incrementando el riesgo de fracturas de cadera. Estas hipótesis fueron confirmadas en dos estudios epidemiológicos que incluían más de 12000 paciente, Estudio Europeo sobre Osteoporosis Vertebral y el estudio Americano sobre fracturas Osteoporóticas. En el análisis de datos se objetivo el incremento de riesgo de fractura de cadera después de una fractura vertebral torácica era 4.5 veces con respecto al mismo grupo de población y si el número de fracturas era de 2 o mayor el riesgo de fractura de cadera se incrementaba 7.2 veces. En ambos estudios se objetivo que no existía incremento en el riesgo de fractura de radio, por lo que se concluía que el incremento del riesgo de fractura de cadera estaba relacionado con los cambios biomecánicos que se producían en la columna vertebral después de la fractura y no con la patología mineral ósea como enfermedad sistémica. (12,172,173)

Silverman , analizando el estudio MORE de Inglaterra, encontró que se producía un decremento en la calidad de vida por cada fractura vertebral hallada en estudios radiológicos, avanzando aun mas en el análisis encontró que las fracturas que mayor limitación generaban a este deterioro en la calidad de vida eran las localizadas a nivel de T11, T12, L1, L2 y L3, fracturas localizadas en la charnela dorsolumbar, región anatómica donde la tolerancia a cambios biomecánicos es muy limitada. (174)

Una vez analizado el impacto que las fracturas vertebrales tienen sobre la población nos encontramos con el segundo gran problema de índole epidemiológico y es la subestimación de las mismas, tanto en su diagnóstico, ya que únicamente se diagnostican un 30% en la práctica clínica diaria (175), como en los problemas de morbi-mortalidad que generan a partir de los 60 años. (176,177)

Estudios de población, en EEUU, revelan una prevalencia del 26% y una incidencia de 17.8/1000 personas-año en mujeres de más de 50 años (178,179). Esos mismo estudios, a nivel europeo, muestran una incidencia ajustada por edad de 12.1/1000 personas-año en la población femenina y de 6.8/1000 personas año entre la población masculina.

La idiosincrasia de la fractura vertebral patológica y, como se analiza posteriormente, la dificultad para llegar a un consenso de criterios radiológicos para su diagnóstico ha hecho que la epidemiología de la misma haya sido compleja

de investigar (179), representando hoy en día un reto epidemiológico no perfectamente resuelto.

Los problemas para el diagnóstico vienen dados inicialmente porque es necesario un nivel de dolor limitante que implique la necesidad de realizar un estudio radiológico (180), y aun realizándole, la prevalencia de diagnosticar e identificar una fractura vertebral y deformidad concomitante varía del 5% entre los 50-54 años y el 50% entre los 80-84 años, siendo esta prevalencia de deformidades vertebrales similares entre hombre y mujer en el mundo occidental (181), estimándose en distintos grupos de investigación epidemiológica que esta nivelación de la prevalencia en cuanto a la deformidad vertebral sea debida al mayor número de episodios traumáticos entre la población masculina, si bien no existen datos documentados concluyentes.

En segundo lugar la problemática diagnóstica viene supeditada a una falta de consenso universal que impulse una definición de fractura patológica, de hecho las cifras de prevalencia de fractura vertebral pueden variar significativamente hasta 3 veces en función de los criterios diagnósticos utilizados en la definición de fractura vertebral (182,183) y de los informes radiológicos, ya que en no pocas ocasiones el hallazgo de una fractura vertebral por compresión no se menciona ni se anota en el historial médico de los pacientes, (184) por lo que en ningún caso se plantea un tratamiento preventivo ni etiológico de dicha situación metabólico-biomecánica, lo que implica que el riesgo de nuevas fracturas vertebrales se incrementa, ya que a los iniciales factores metabólicos se le unen nuevos componentes biomecánicos, especialmente incrementos del stress de compresión

en la parte anterior de los cuerpos vertebrales y un incremento en la carga a nivel de la parte posterior del anillo discal y de las facetas posteriores. (24,185)

Sin embargo como factor desencadenante en este tipo de fracturas patológicas está presente la modificación de la resistencia a la compresión del cuerpo vertebral, la cual está determinada por la densidad mineral ósea, de tal forma que por cada desviación standard que disminuye la densidad mineral ósea el riesgo de fractura se multiplica por dos y por la calidad ósea, definida la misma como la estructura trabecular tridimensional. (186,187)

A pesar de la dificultad para diagnosticarla y para definirla, con los criterios y variabilidad actual el riesgo estimado de presentar una fractura vertebral sintomática después de los 50 años es de un 15.6% entre las mujeres y de un 5% entre los hombres. Teniendo en cuenta la tendencia al envejecimiento de la población, así como al incremento de la expectativa de vida y de calidad de vida, desde un punto de vista epidemiológico la magnitud del problema es evidente que representa un reto para cualquier sistema de salud pública de los países occidentales.

El riesgo de fractura consecutiva, está claramente influenciado por la presencia de fracturas previas, siendo este hasta cuatro veces superior que previo a la fractura vertebral. Dicho incremento del riesgo es posible que esté influenciado por los cambios biomecánicos brevemente expuestos, los cuales van a potenciar todos los otros factores de riesgo, especialmente la disminución de la masa ósea. (188)

Una vez determinados los principales riesgos, se pueden considerar otros factores como elementos coadyuvantes, pero es difícil encontrar estudios consistentes que los determinen claramente así en el grupo de hombres, el consumo de cigarrillos, alcoholismo, tuberculosis, úlcera gastroduodenal se han identificado como factores de riesgo, siendo, paradójicamente, la obesidad un factor protector (189,190). En el grupo de mujeres se han descrito como factores de riesgo, la menarquia tardía, menopausia precoz, bajo consumo de lácteos, baja tasa de actividad física y los antecedentes familiares de fractura de cadera, siendo el uso de anticonceptivos orales y el consumo de alcohol factores protectores. (191,192) Pero a pesar de los múltiples trabajos publicados ninguno de estos factores han demostrado peso suficiente en la incidencia de fracturas vertebrales y deformidad vertebral.(193)

#### **5.4. CONCLUSIONES**

Como conclusiones:

- las fracturas vertebrales de alta energía que a pesar de estar asociadas a grupos de edad menores de forma clásica, ya existen estudios que demuestran un incremento de su incidencia en grupos de edad de 65 años, son lesiones que bien por la lesión neurológica, bien por las secuelas postratamiento, presentan una alta tasa de discapacidad y de impacto sanitario, social y económico. (157,194)
- las fracturas vertebrales patológicas representan un problema de salud de primera magnitud con influencia de la edad, el sexo y el nivel de masa ósea, según los distintos epidemiológicos, claramente subestimado

numéricamente así como de su trascendencia clínica y cuyos tratamientos han sido enfocados al tratamiento del dolor así como a intentar paliar las complicaciones que se deriven de la nueva situación biomecánica.

Dada la magnitud epidemiológica de la patología vertebral la opción de plantear opciones terapéuticas de tratamiento anatómico-biomecánico abren una vía de trabajo que los estudios epidemiológicos a medio y largo plazo ayudaran a evaluar el impacto de dichas actuaciones terapéuticas.

## 6. ETIOPATOGENESIS

### 6.1. INTRODUCCION

El primer contacto que el cirujano de raquis establece con un paciente lesionado en su columna vertebral (Fig.92) requiere una clarividencia clínica para valorar el cuadro complejo que ante él se muestra dado que las fracturas vertebrales se acompañan y producen una serie de cambios biomecánicos tanto local como globalmente a nivel de la columna vertebral desde el momento inicial del episodio fracturario. Estos cambios biomecánicos son determinantes en cuanto al deterioro de la calidad de vida del paciente. (148,195-200)

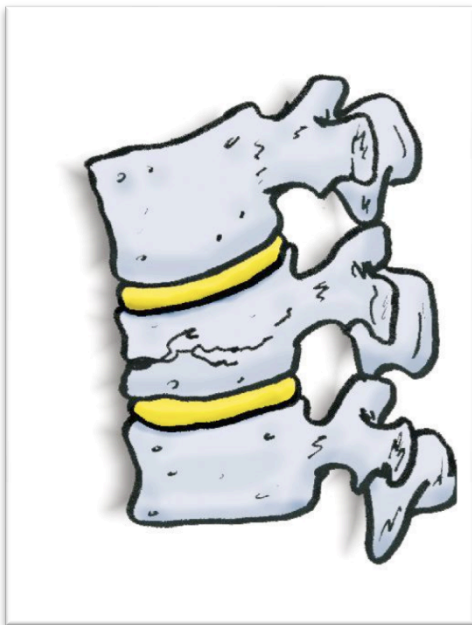


Fig.92. Fractura vertebral como 1<sup>er</sup> evento

La presencia de una fractura vertebral por compresión, sabemos que incrementa el riesgo de nuevas fracturas vertebrales de forma significativa, siendo aproximadamente entre 4 y 7 veces mayor que en la situación prefractura (o un riesgo, si evaluado porcentualmente, de entre un 11.5% y un 20% en el siguiente año, incrementándose hasta el 24.5% en el casos de dos fracturas vertebrales. (201-204) De forma similar Silverman (148,195) en 1992 obtuvo datos de 58% de fracturas adyacentes en mujeres con fracturas vertebrales, datando de esta forma la altísima tasa de fracturas vertebrales adyacentes como parte de la historia natural de la enfermedad. (Fig.93)

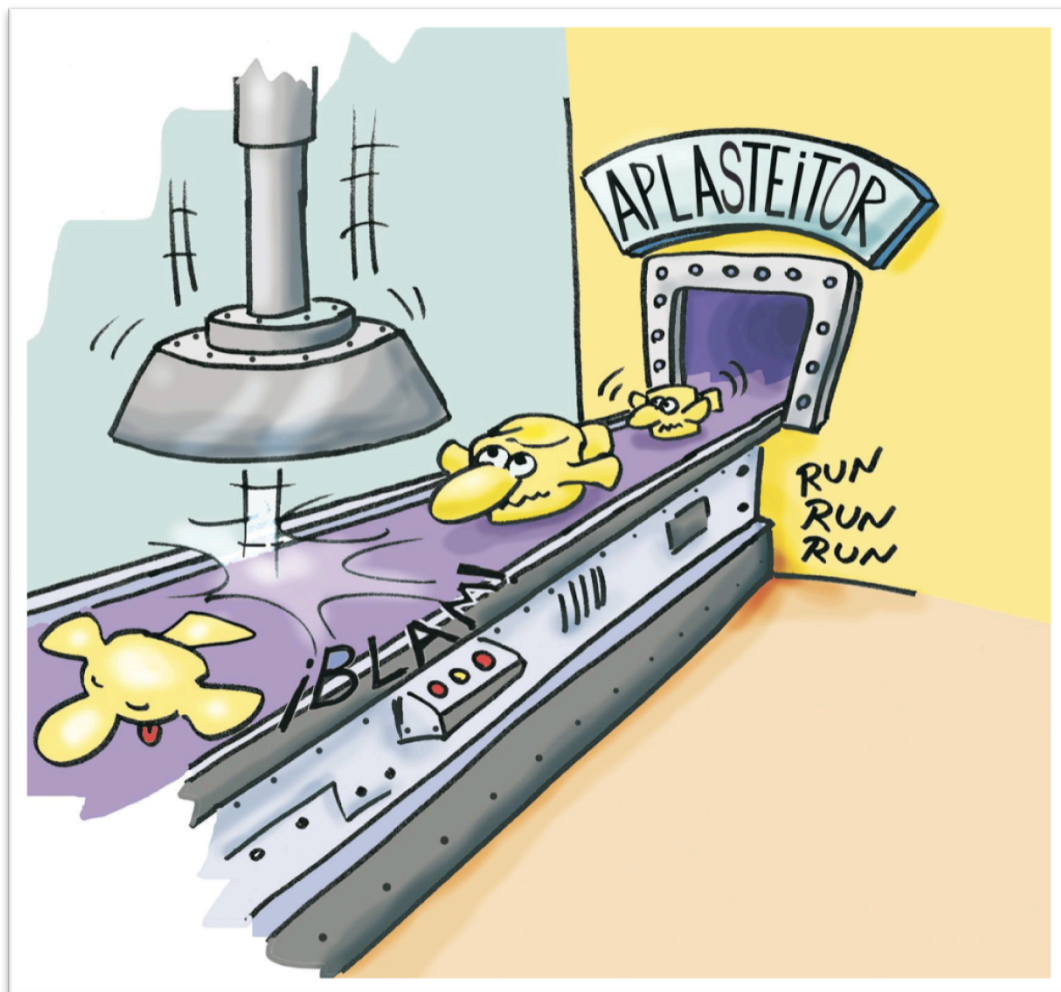


Fig.93. Incremento del riesgo de fractura vertebral postfractura.



No obstante y de forma constante en la literatura científica, tasas parecidas han sido descritas en pacientes intervenidos quirúrgicamente mediante vertebroplastia o cifoplastia (58,205-213). Analizando las publicaciones existentes no existe consenso en cuanto a la modificación de la historia natural de las fracturas adyacentes en aquellos pacientes tratados mediante cementación vertebral. No debemos olvidar que estos datos estadísticos no se obtienen de estudios comparativos randomizados, sino de estudios de casos clínicos y de la comparación de dicha literatura publicada por lo cual deben ser tomados en su justa medida.

Así podemos analizar este proceso patogénico como un fenómeno dinámico el cual no es explicable únicamente por los factores preexistentes, tales como la osteoporosis, neoplasia con afectación vertebral o mecanismos traumáticos de baja energía y si por aquellos trastornos biomecánicos que se desarrollan después de una fractura vertebral, tanto a nivel local de la vértebra afectada, cuerpo vertebral, platillo vertebral, disco vertebral y facetas posteriores como a nivel global del raquis, en cuanto a las modificaciones generales que se producen en los balances coronales y sagitales.

Es evidente que los factores de riesgo predisponentes clásicos tales como la baja densidad mineral ósea, alteraciones en la estructura trabecular tridimensional (calidad ósea) que ocurren en las vértebras osteoporóticas o con lesiones tumorales deben ser controladas con terapias sistémicas que permitan controlar el turnover del sistema esquelético y evitar el incremento en el deterioro de la condición previa que genero la fractura vertebral inicial. (187)

La existencia de baja densidad mineral ósea de forma aislada no justifica este incremento de riesgo (187,214), por lo que deberíamos preguntarnos qué nuevos factores han aparecido posteriormente al evento traumático. Así tendríamos dos tipos de modificaciones a nivel de la columna vertebral:

1. -Locales
2. -Globales

Las modificaciones locales a nivel de la vértebra afectada se localizan en la anatomía del platillo vertebral (214,24,25) y en la distribución de las cargas a través del disco intervertebral tanto del nivel involucrado como del nivel adyacente. (185,168,215-217)

Las modificaciones a nivel general de la columna vertebral van a venir determinadas por una alteración en el balance sagital y/o coronal del raquis. (214,218,219)

## **6.2. MODIFICACIONES LOCALES**

Considerando en primer lugar los cambios locales, las lesiones en el platillo vertebral van a generar cambios en la transmisión de cargas a través del mismo y a través del disco intervertebral. (24,168,215,220)

Dichos cambios en la transmisión de cargas están originados por la pérdida de presión que se produce en el disco intervertebral postfractura vertebral, con un cambio en la distribución de cargas presentando un pico de stress en la zona anterior y un pico más acusado en la zona posterior (168,215,216,221), generándose un bypass de carga en sentido posterior tanto a la región posterior del anillo vertebral e incluso hacia las facetas posteriores (Fig.94,95). Esta situación de incremento de cargas en las facetas posteriores aumentará el riesgo de fenómenos degenerativos de las mismas con el consiguiente incremento del cuadro clínico doloroso así como la aparición de fenómenos compresivos neurológicos (29). Es más, no solo las cargas discales sino también la distribución de cargas entre el hueso trabecular del centro del cuerpo vertebral y el anillo cortical, dependen de las propiedades y de la integridad del anillo intervertebral, por lo cual dicho parámetro se ve alterado en la nueva situación biomecánica. (222,223)

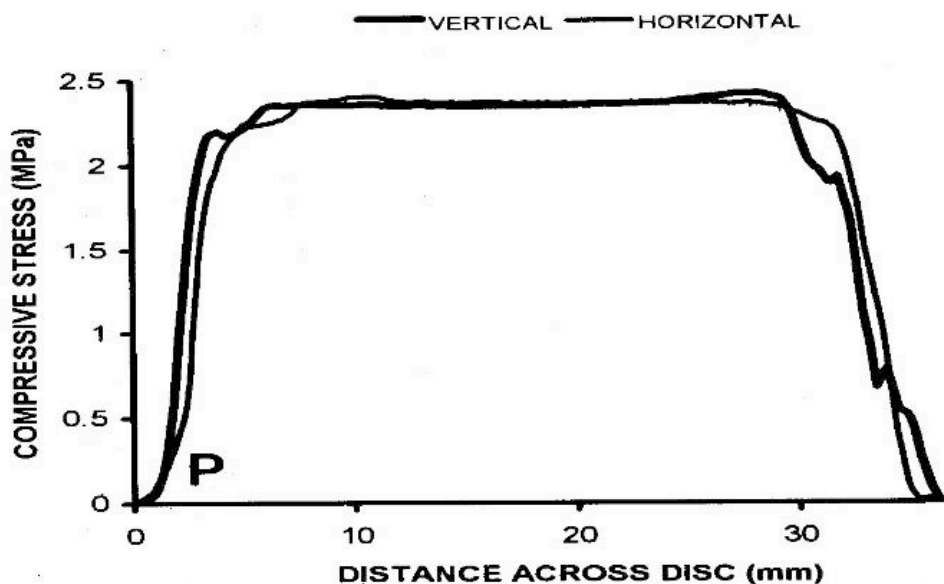


Fig.94. Distribución normal de las cargas a través del disco intervertebral.

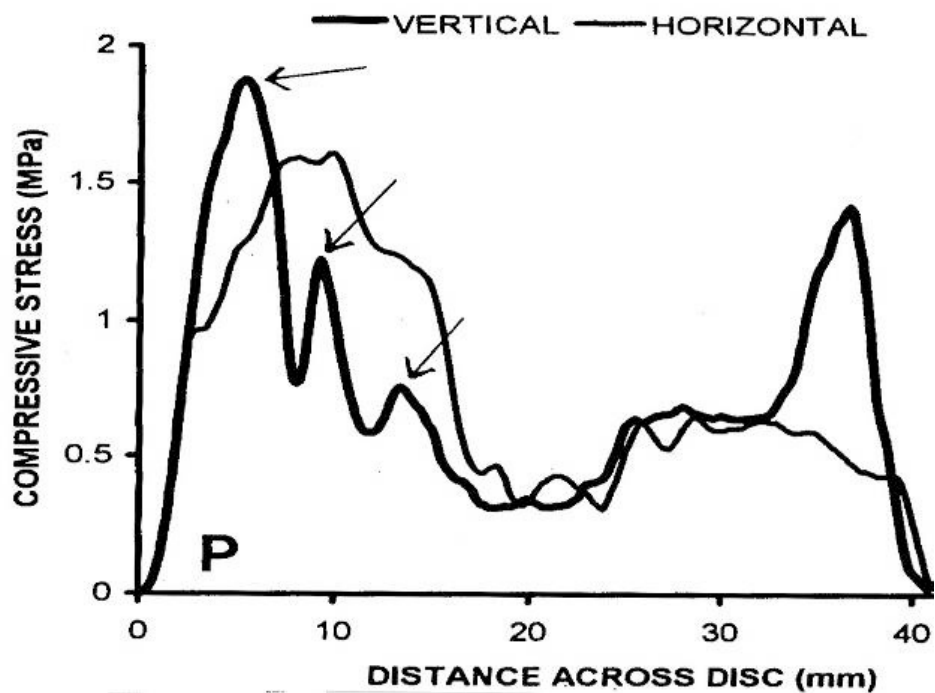


Fig.95. Cambios en la distribución de cargas a través del espacio discal postfractura vertebral.

Los cambios a nivel del platillo vertebral no solo afectan a la estructura discal y a la repartición de cargas a través del mismo; durante los momentos de flexión las cargas en la pared vertebral anterior de la vértebra supradadyacente se incrementan un 94%+/- 23%, no existiendo cambios a nivel de la vértebra inferior. Estos incrementos de presión producidos por la depresión del platillo vertebral y los cambios en la trasferencia de cargas a través del disco van a predisponer a un incremento del riesgo de fracturas tipo A1.2, siendo la estructura determinante la falta de reducción del platillo vertebral, y jugando un papel eminente la necesidad de reducción del mismo en la reducción del riesgo de fracturas adyacentes (Fig.96). (24)

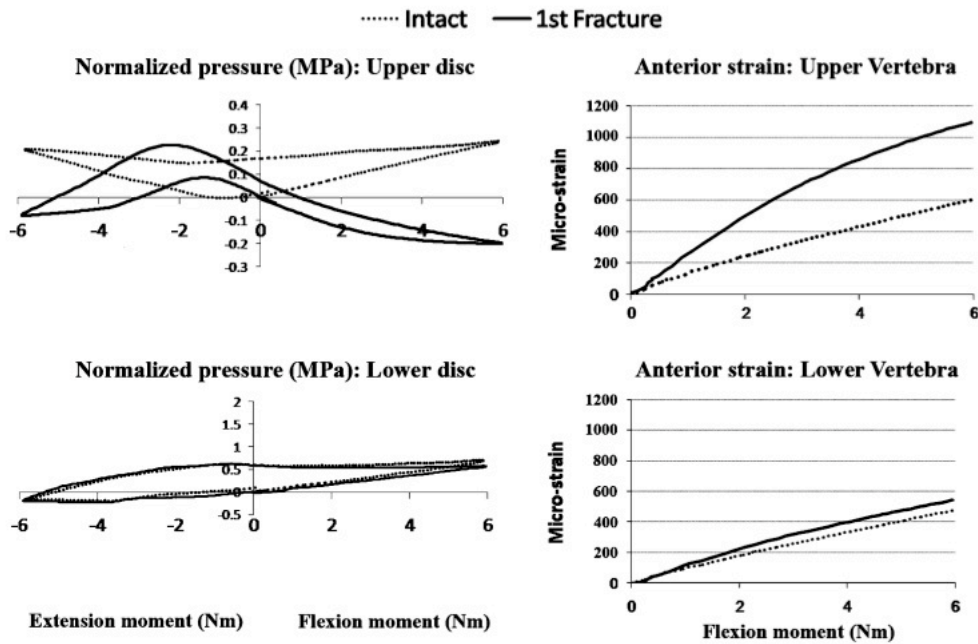


Fig.96. Graficas de incremento de riesgo de fractura adyacente en relación con la ausencia de reducción del platillo vertebral. (Eur Spine J. 2008; 17:1522-1530)

Dentro de las modificaciones locales a nivel del platillo vertebral nos encontramos que el fenómeno de consolidación anómala del platillo vertebral puede generar alteraciones de la permeabilidad del mismo con la consiguiente alteración en el transporte de metabolitos así como el paso indiscriminado de enzimas de destrucción de la matriz discal, proceso que permitirá que se inicie la cascada degenerativa a nivel del disco que se apoya y nutre en parte por ese platillo vertebral. (224)

Finalmente en cuanto a las lesiones locales, en el complejo vértebra-disco, cuando existe una fractura vertebral, esta va asociada a un patrón de lesión discal, en función del cual nos encontraremos con una progresión de la deformidad o no

únicamente por el hundimiento del disco intervertebral en la zona del platillo vertebral no reducida y no por la magnitud de la lesión sea (Fig.97). (25)

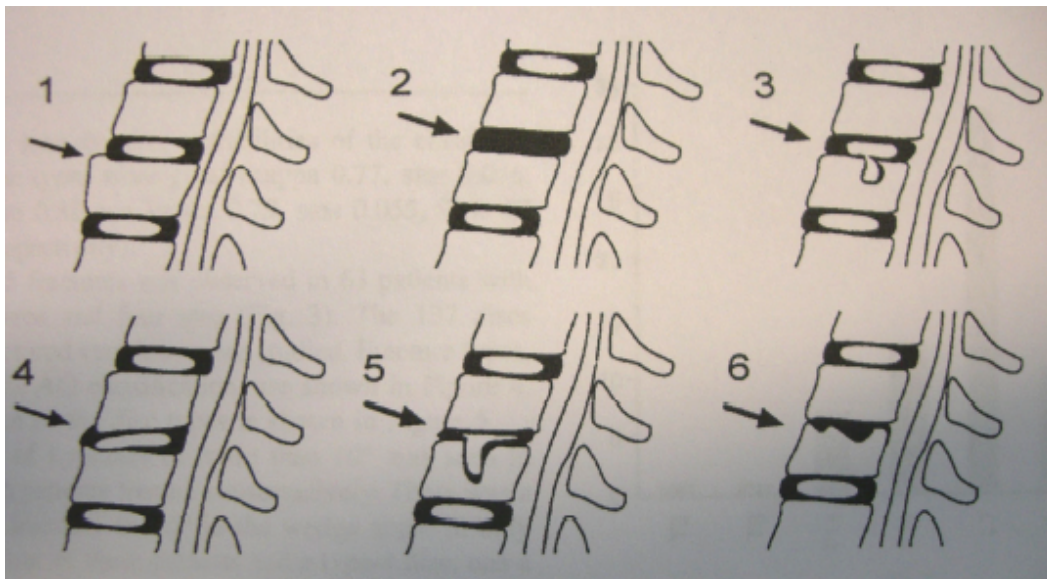


Fig.97. Patrón de lesión discal postfractura vertebral. Patrones 1,2,3 no progresivos. Patrones 4,5,6 progresivos. (JBJS.1998; 80B, 833-839)

### 6.3. MODIFICACIONES GLOBALES

Es comprensible que en una estructura como la columna vertebral ,formada por múltiples elementos interrelacionados estrechamente entre ellos, cualquier modificación de los mismos tendrá influencia sobre la estructura general del raquis.

El balance sagital y coronal, que nos permite la bipedestación, viene determinado por una serie de curvas vertebrales, como la cifosis torácica y la lordosis lumbar, que junto con el centro de rotación y centro de gravedad de la columna vertebral y la acción de la musculatura paravertebral determinan un perfecto equilibrio de la

columna vertebral que permite a sus elementos soportar las cargas de la vida diaria. (214)

1. Una vez que se produce una fractura vertebral aparecen cambios en el balance sagital del raquis de forma inmediata. Este cambio en el balance sagital del raquis determina una serie de modificaciones biomecánicas tales como:
  2. Cambios en la carga de la columna vertebral, con modificaciones del brazo de palanca y modificaciones en el centro de rotación vertebral y en el centro de gravedad (Fig.98). (214)
  3. Incremento del momento de flexión del raquis. (214)
  4. Incremento de la fatiga de la musculatura posterior. (218)
  5. Lesión de las articulares posteriores tanto localmente como en los segmentos adyacentes. (220)
  6. Incremento en las fuerzas de carga de la musculatura erectora del tronco. (225)
  7. Incremento en la presión discal del 60%. (225)

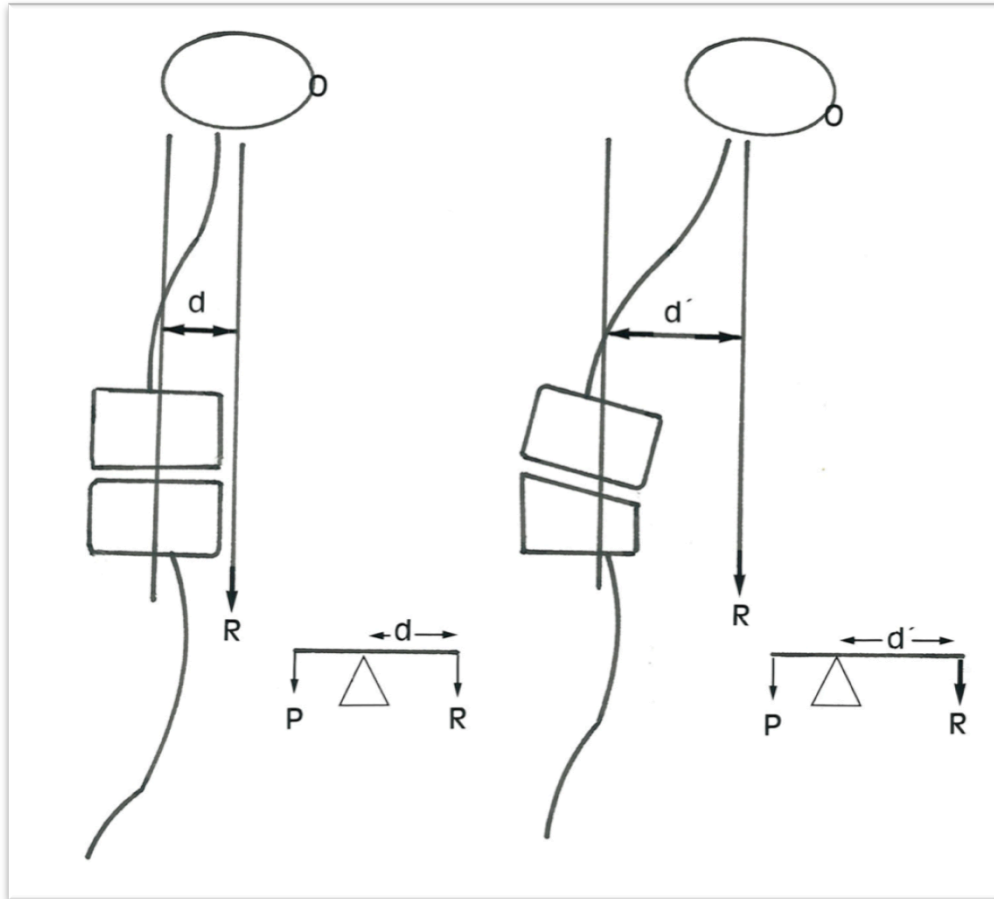


Fig.98. Cambios en el brazo de palanca producidos después de una fractura vertebral.

Todos estos cambios biomecánicos, anatómicos y estructurales a nivel local y global son los responsables de la etiopatogenia de la cascada de la fractura vertebral y a su control deberían ir encaminados nuestros esfuerzos con el fin de evitar sus consecuencias tanto clínicas como biomecánicas que pudieran generar cambios irreversibles en el tiempo.



## 7. CUADRO CLINICO Y EVOLUCION

Al considerar una fractura vertebral como una fractura articular, similar a cualquier otra fractura articular en articulación de carga de nuestra economía, nos centramos en los síntomas derivados de la lesión del cuerpo vertebral y/o sus estructuras cartilaginosas, discales y ligamentosas asociadas, dejando a un lado los síntomas neurológicos que puedan ocasionar al considerarles como daños colaterales de la lesión del aparato locomotor, siendo el objetivo de esta tesis doctoral las fracturas vertebrales sin daño neurológico asociado.

Desde el enfoque de lesión del aparato locomotor no solo producen síntomas, en numerosas ocasiones limitantes, durante la fase aguda sino que como se ha publicado en numerosas revistas de impacto tienen graves consecuencias potenciales a medio y largo plazo, representando las fracturas del cuerpo vertebral una importante causa de morbilidad, incremento de la mortalidad y de los costes sociosanitarios. (226-232)

Es lógico pensar que la fase inicial representa el momento de la historia natural de las fracturas donde los síntomas agudos deben ser tratados , pero es mucho más importante el tratamiento aplicado ya que representa el momento donde se puede modificar la historia natural de dicha fractura y así prevenir las complicaciones y síntomas futuros derivados de la no aplicación de los mismos principios en el tratamiento que en otras fracturas articulares.

En la fase inicial el síntoma predominante va a ser el dolor local en la columna vertebral, dicho síntoma (148,195,228) va a mantenerse entre 2 semanas y 3 meses, con hipersensibilidad a la palpación superficial y profunda así como con la percusión en la zona de la vértebra fracturada. Este dolor es descrito por los pacientes como crónico, profundo, empeora con las posturas mantenidas, la flexión del tronco, la marcha y la bipedestación prolongada (233). Desde un punto de vista de la intensidad, el dolor es percibido como moderado o severo, llegando en ocasiones a ser definido como intolerable y generando una gran alteración en las actividades básicas diarias. El dolor postfractura se alivia en decúbito supino y con la aplicación de termoterapia y farmacoterapia, va a generar limitaciones en todas aquellas actividades que requieran movimientos de flexión, extensión así como limitación en las actividades que requieran incremento de la carga mecánica. (233)

El dolor subagudo, una vez resuelta la fase aguda, puede persistir durante meses, siendo un dolor de características mecánicas. La percepción de la intensidad es moderada habitualmente, siendo su evolución a dolor crónico habitualmente condicionada por las terapias aplicadas y los resultados obtenidos en cuanto a restauración de la anatomía de la vértebra fracturada así como la aparición de fracturas adyacentes que determinen una alteración del balance sagital, así como nuevos episodios de dolor agudo. (234)

El origen de este dolor postfractura es complejo y ha sido estudiado en numerosas ocasiones con el fin de entender el mecanismo doloroso y así poder aplicar tratamientos etiológicos. El dolor en fase aguda radica fundamentalmente en la estimulación de los nociceptores del periostio vertebral y de la capsula articular, el

hueso cortical y trabecular no son responsables del mismo. Esta estimulación de los terminales nociceptivos se va a producir por el daño estructural de los mismos (roturas o dislaceraciones de las partes blandas), por compresión directa (fragmentos óseos, hematomas) de los tejidos mencionados o indirectamente por la liberación de mediadores químicos asociados al daño tisular. (235)

Otra fuente de dolor proviene de la alteración de la biomecánica vertebral con la consiguiente modificación de las estructuras articulares adyacentes, estimulado terminales nociceptivos a distancia. (235)

Van a aparecer síntomas asociados al dolor mecánico, como son el desarrollo de una contractura muscular en la musculatura paravertebral, dificultad para conciliar el sueño, ansiedad y por supuesto todos ellos van a generar una clara afectación de la calidad de vida. Los signos que van a acompañar estos síntomas serán una alteración de la estática del raquis y en ocasiones dependiendo de la localización de la fractura una disminución de la capacidad funcional pulmonar y una alteración de los procesos digestivos. En cuanto a la limitación funcional existente ya en la fase aguda, nos encontramos que todas las actividades básicas diarias (aseo, vestimenta...) se encuentran limitadas, pero es más la movilidad del aparato locomotor estará restringida y por tanto cualquier actividad física se verá afectada desde el inicio del traumatismo vertebral. (227)

Aproximadamente entre el 75-85% de las fracturas vertebrales causan dolor crónico, independientemente de si hay afectación neurológica o no, que puede llegar a ser incapacitante (148,195,227,228). Dicha sintomatología dolorosa

crónica viene dada no solo por la fractura vertebral en sí misma, sino por aquellas consecuencias biomecánicas derivadas de la inestabilidad del raquis secundaria a un tratamiento incompleto de la fractura vertebral articular, entendiendo por ello, cualquier tratamiento que no realice:

1. Reducción anatómica de la fractura
2. Fijación estable de la misma
3. Preservar las articulaciones de los niveles vertebrales adyacentes
4. Mantenimiento de las estructuras musculoligamentosas en la situación anatómica adecuada que las permita desarrollar las funciones para las que ha sido diseñados.

Así, nos encontraremos como origen del dolor crónico, la afectación de las articulaciones facetarias de los niveles adyacentes que terminan desarrollando un artropatía degenerativa precoz, especialmente de los niveles supraadyacentes (236), la hipertensión del complejo ligamentario posterior y de los grupos musculares (221,237) con el fin de compensar las alteraciones locales del balance sagital, la sobrecarga discal por redistribución de cargas y su liberación de mediadores químicos del dolor y finalmente la alteración del balance sagital del raquis de forma global, especialmente en zonas próximas a la fractura, con una hiperlordosis compensatoria que será fuente de dolor no solo local sino a distancia dentro del raquis. (24,168,215,224,238,239)

Todos estos síntomas, fundamentalmente la alteración del balance sagital, va a generar una reducción de la movilidad y de la actividad física, incremento del número de caídas al variar el centro de gravedad, pérdida de la independencia,

reducción de la capacidad pulmonar, pérdida de apetito y malnutrición al existir una sensación de plenitud mantenida, sobrecargas emocionales y psicológica con una pérdida de la autoestima y proceso de depresión clínica.  
(148,164,168,204,240- 248)

Sin duda tanto los síntomas agudos como crónicos derivados de la ausencia de un tratamiento etiológico son de magnitud suficiente como para plantear la idea de realizar un tratamiento etiológico de las fracturas articulares del cuerpo vertebral que permitan el control sintomatológico estable tanto a corto como a largo plazo.



## **8. HIPOTESIS DE TRABAJO**

Teniendo en cuenta todos los antecedentes biomecánicos, fisiopatológicos y la evolución histórica del diagnóstico y tratamiento de las fracturas articulares (3,5,6,7), al considerar las fracturas vertebrales se plantea como hipótesis de trabajo:

1. La capacidad de reducción anatómica vertebral mediante un implante de titanio intravertebral con aplicación de fuerzas en sentido cráneo-caudal que permitan reducir el platillo vertebral y así implementar el efecto de reducción de la ligamentotaxis sobre la cortical vertebral.
2. La aplicación de un método de mapeo tridimensional vertebral que permita analizar los resultados de las pruebas de imagen.
3. Procedimiento sea seguro y eficaz.





## 9. OBJETIVOS

1. Demostrar la posibilidad de reducción anatómica de las fracturas vertebrales mediante tratamiento quirúrgico como cualquier otra fractura articular de la economía.
2. Demostrar la influencia de la reducción anatómica en la cifosis no solo vertebral sino a nivel de la cifosis regional.
3. Demostrar la posibilidad de aplicación de los principios AO en el tratamiento de las fracturas vertebrales por compresión.
4. Demostrar eficacia de método tridimensional de valoración de imagen.
5. Demostrar eficacia y seguridad clínica del tratamiento aplicado, utilizando escalas EVA, EQ5, ingesta de analgésicos.



## **10. MATERIAL Y METODOS**

### **10.1. DISEÑO DEL ESTUDIO**

Se ha diseñado un estudio clínico-radiológico prospectivo para el tratamiento de fracturas vertebrales por compresión o tipo A, que bajo consentimiento informado del tipo de estudio clínico, serian sometidos a cirugía reparadora de la fractura vertebral por compresión que no tengan más de 6 semanas de evolución clínica y con el siguiente protocolo de seguimiento clínico-radiológico:

1. Tipo de fractura vertebral.
2. Fecha de producción de la fractura.
3. Fecha de intervención quirúrgica.
4. Días de hospitalización.
  - a. Días totales.
  - b. Días postcirugía.
5. EVA preop., 3,6 y 12 meses postoperatorio.
6. Escala de satisfacción EQ5 preop.,6 y 12 meses postoperatorio.
7. Ingesta analgésicos.
8. Complicaciones intraoperatorias.
9. Efectos adversos.
10. Complicaciones seguimiento.
11. Fugas de cemento intraoperatoria.

12. Rx. anteroposterior y lateral en bipedestación preoperatoria, postoperatoria y 12 meses (rx preoperatoria en decúbito supino).

13. TAC preoperatorio, postoperatorio.

## **10.2. CRITERIOS DE INCLUSION**

Criterios de inclusión:

1. Edad entre 21-75 años.
2. 1-2 Fracturas vertebral tipo A según clasificación de Magerl.
3. Antigüedad de la fractura no mayor a 6 semanas.
4. Localización: T10-L5.
5. Diámetro pedicular mínimo de 5.8mm.
6. Pérdida de altura de la vértebra fracturada en la zona anterior, media o posterior, respecto a la altura vertebral estimada, superior al 15% pero nunca mayor al 40%.
7. Aceptación de inclusión en estudio clínico y firma de consentimiento informado.

## **10.3. CRITERIOS DE EXCLUSION**

Criterios de exclusión:

1. Infección local o general.
2. Patología vertebral sintomática previa.

3. Tratamientos quirúrgicos previos sobre el raquis dorsolumbar.
4. Cifosis segmentaria superior a 30º.
5. Déficit neurológico.
6. Evidencia radiológica de fractura pedicular o de apófisis espinosas.
7. Patología ósea metabólica de base (osteogénesis imperfecta, osteomalacia).
8. Metástasis, mieloma o tumor óseo primario.
9. Coagulopatía sin control.
10. Colapso vertebral superior al 50%.
11. Alergia a titanio.
12. Alergia a PMMA o sulfato de calcio.
13. Embarazo o lactancia.
14. Otra causa de dolor corporal que requiera uso de opioides.
15. Patología cardiopulmonar previa severa( EPOC severa o estadio IV de insuficiencia cardiaca).
16. Abuso de drogas.
17. Incluido en otro tipo de estudio clínico.
18. Tratamiento crónico con corticoides (dosis superior a 30mg/día durante más de 3 meses).
19. Sospecha o conocimiento de proceso legal del paciente en relación con la patología vertebral susceptible de tratamiento.
20. Índice de masa corporal superior a 40.

## **10.4. DESCRIPCION DEL METODO RADIOLOGICO DE MEDIDA**

### **10.4.1. INTRODUCCION**

La evaluación radiológica de cualquier fractura articular es hoy día un elemento primordial en el enfoque terapéutico y manejo de la misma. La vértebra forma parte de una articulación y por tanto las superficies de los platillos vertebrales deben ser tratados y evaluados de la misma forma que cualquier articulación de carga del organismo para evitar complicaciones futuras.

Los métodos de evaluación utilizados hasta la actualidad no incluyen ningún tipo estudio o reconstrucción 3D de la vértebra que permitiera valorar la restauración vertebral de una manera clara, válida, reproducible y fácil de usar. (249,250)

La evaluación de la reconstrucción vertebral postfractura vertebral es un problema real ya que no existe consenso en cómo medir e informar los valores de altura vertebral en los distintos estudios sobre fracturas vertebrales. Esta falta de consenso ha sido ampliamente discutida por McKiernan desde 2003. (14)

Los estudios radiológicos simples utilizados de forma general están limitados por la gran cantidad de errores y su falta de fiabilidad y reproducibilidad hacen que sean insuficientes para la valoración (21). Incluso aun planteando el uso de nuevas tecnologías , como la tomografía computerizada (TAC) que generan mayor calidad

de datos, (251) la ausencia de consenso en la metodología para evaluar los cambios en la altura vertebral hacen que la interpretación y comparación de resultados entre estudios clínicos diferentes sea tarea de gran dificultad, lo que genera gran complejidad para evaluar las distintas técnicas aplicadas en el tratamiento de las fracturas vertebrales.

Independientemente del tratamiento aplicado y de la técnica de imagen utilizada, hay una serie de valores que deben ser tenidos en cuenta en un estudio clínico-radiológico sobre fracturas vertebrales:

1. Talla de vértebra normal: cálculo de la forma y tamaño de la vértebra previo a la fractura.
2. Talla preoperatoria.
3. Talla postoperatoria.

La falta de un método estandarizado y la heterogeneidad de los protocolos utilizados se puede observar en una serie de ejemplos que ilustran las grandes diferencias a la hora de informar de los resultados. Para ello y basado en la publicación de McKiernan (14) analizamos los 4 métodos de análisis de medida que son utilizados hoy en día para analizar los cambios en altura de las fracturas vertebrales.

Los cuatro métodos utilizados de forma general son los siguientes:

Abreviaciones de los valores son los siguientes:

- a= altura vertebral de referencia.
- b= altura vertebral postfractura.

- $c$  = altura vertebral postrestauración.
1. Método 1: restauración absoluta medida en mm  $=c-b$
  2. Método 2: porcentaje de restauración relativo con la relación a la altura de la vértebra fracturada  $=c-b/b \times 100$
  3. Método 3: porcentaje de restauración relativo a la altura vertebral perdida en el traumatismo  $=c-b/a-b \times 100$
  4. Método 4: porcentaje de restauración relativo a la altura vertebral de referencia  $=c-b/a \times 100$

Dependiendo del método utilizado para el análisis los resultados obtenidos de restauración de la altura vertebral serán completamente diferentes. Además, algunos resultados son publicados en valores numéricos de la escala decimal (mm) y otros en porcentaje. La exposición de dos ejemplos numéricos, una fractura vertebral severa y una fractura vertebral moderada, permite entender las diferencias según el método utilizado para la evaluación de los datos.

#### Caso 1: fractura severa

- a. Altura de referencia basada en el tamaño de las vértebras adyacentes: 30mm.
- b. Vértebra fracturada (pretratamiento): 10mm.
- c. Vértebra restaurada (postratamiento): 20mm.

#### Caso 2: fractura moderada

- a. Altura de referencia basada en el tamaño de las vértebras adyacentes: 30mm.
- b. Vértebra fracturada (pretratamiento): 20mm.



- c. Vértebra restaurada (postratamiento): 30mm.

#### **10.4.2. ANALISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN**

El primer método, en el cual se miden la restauración absoluta en mm, en ambos casos la restauración obtenida es idéntica, 10mm. Con este método, la severidad de la fractura es completamente desconocida y no considerada y la restauración vertebral no se evalúa.

El segundo método sobreestima la restauración de la altura vertebral en las fracturas severas debido a que el pequeño denominador (altura vertebral postfractura) está determinado por la severidad de la fractura. En las fracturas moderadas, el porcentaje de restauración es del 50% mientras que en la fractura severa es del 100%. Siendo evidente al conocer los datos numéricos de ambos casos la sobreestimación de la restauración en el caso de la fractura severa.

El tercer método nos presenta valores de restauración del 100% en el caso de la fractura moderada y del 50% en fracturas severas. Este método favorece pequeñas restauraciones en fracturas moderadas e infravalora la significancia clínica de la misma restauración en las fracturas vertebrales más severas.

El cuarto método, se introduce un valor de referencia de altura vertebral, pero no se hace ningún tipo de valoración de la severidad de la fractura. En ambos ejemplos el porcentaje de restauración es del 33%.

Este entorno de valoración radiológica es el existente en la literatura científica sobre fracturas vertebrales. Con el objetivo de demostrar y comparar los resultados de restauración obtenidos es necesario disponer de una herramienta que evalúe no solo la altura vertebral y sus modificaciones sino también la restauración anatómica de la vértebra.

#### **10.4.3. METODO TRIDIMENSIONAL**

Un método de análisis mediante reconstrucciones 3D que permite evaluar la restauración anatómica, desarrollado en colaboración con la Universidad de Toronto, a través de su departamento de procesamiento de imágenes médicas (UHN, Toronto, Canadá). (249)

Mediante el uso de tomografía axial computerizada (TAC) con cortes de 1mm de espesor y avance de 1mm en la hélice se pueden obtener reconstrucciones vertebrales 3D por un método de segmentación automática. Este método (249,250) ha sido descrito y validado para comparar la estructura 3D de dos o más vértebras. El software inicialmente hace reconstrucciones cruzadas e interrelacionadas en los planos axial, sagital y coronal de la estructura volumétrica y posteriormente de forma manual se colocan cada reconstrucción monoplanar en el centro de la vértebra seleccionada (Fig.99-101). Existiendo únicamente una posición en el espacio para cada plano de corte. Una vez realizado el posicionamiento de todos estos planos correspondiente a la posición de la

vértebra y su superficie vertebral, el software realiza una reconstrucción 3D de la vértebra (Fig.102-104). Una vez obtenida la reconstrucción 3D preoperatoria y postoperatoria de la misma vértebra, las dos reconstrucciones se superponen utilizando el arco posterior vertebral como punto fijo (Figs.105-109) y no modificado por el tipo de fractura que estamos analizando(fracturas tipo A) o por el procedimiento quirúrgico realizado. Las dos reconstrucciones 3D son comparadas calculando la distancia de cada punto de la superficie del platillo vertebral entre la situación preoperatoria y postoperatoria. La distancia, expresada en mm, indica la restauración obtenida para cada punto de la superficie vertebral.

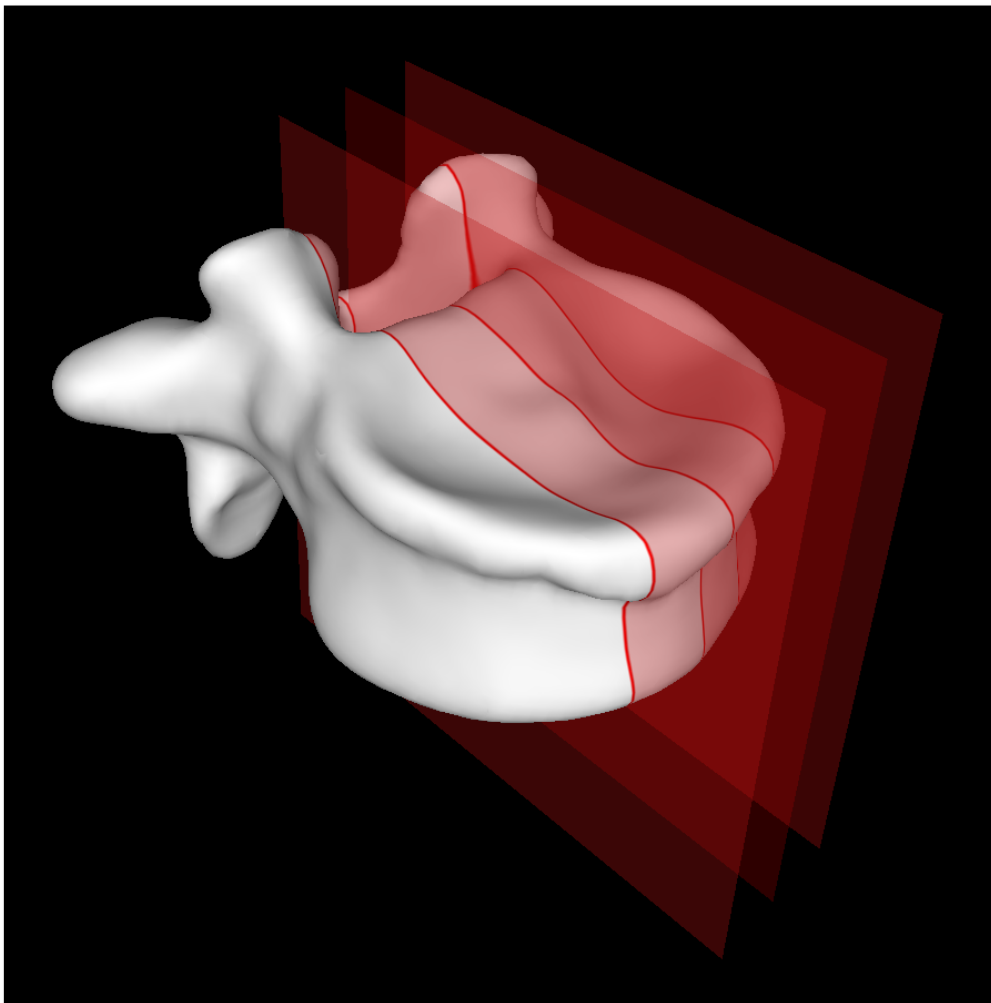


Fig.99. Planos de segmentación sagital: Plano de simetría central. Plano en borde medial pedículo izquierdo. Plano borde medial pedículo derecho.

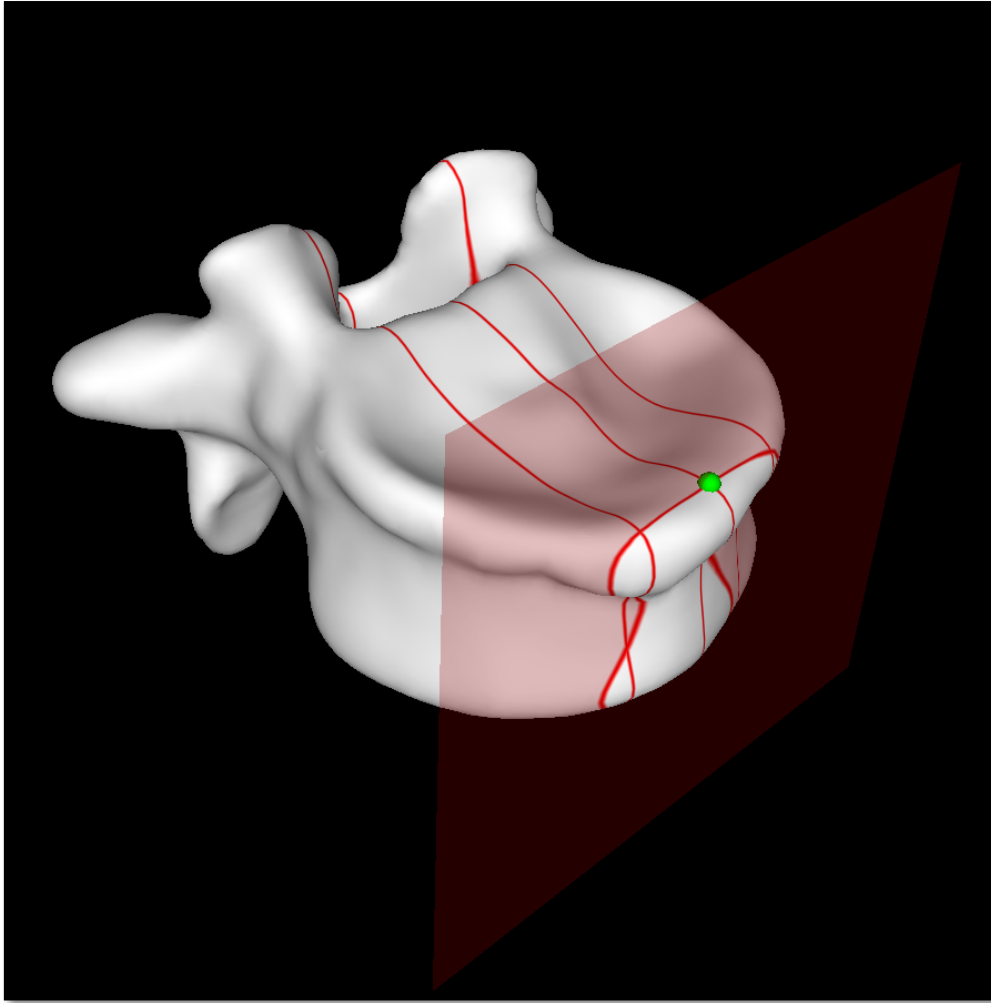


Fig.100. Plano coronal situado 3mm posterior al borde vertebral anterior, que determina un punto único en su intersección con el plano de simetría sagital

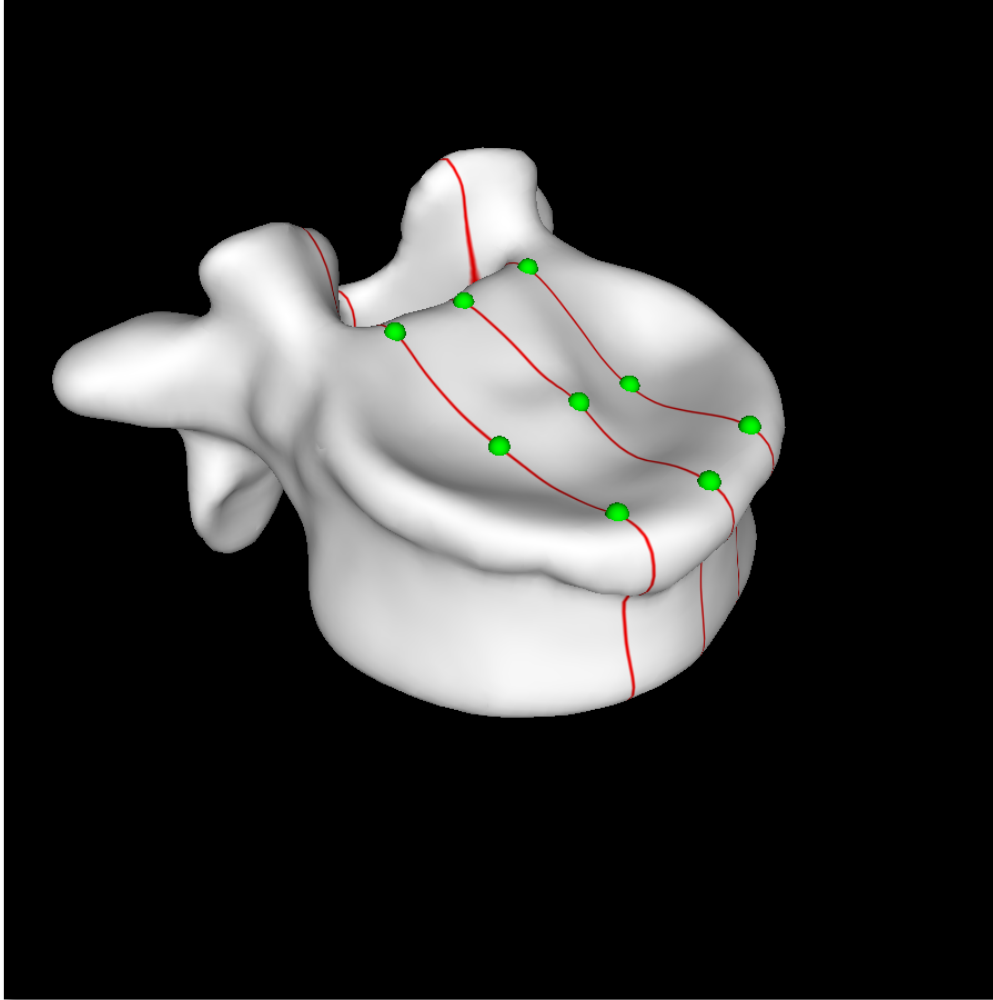


Fig.101. Repetición del proceso hasta obtener 9 puntos de intersección entre los distintos planos sagitales y coronales.

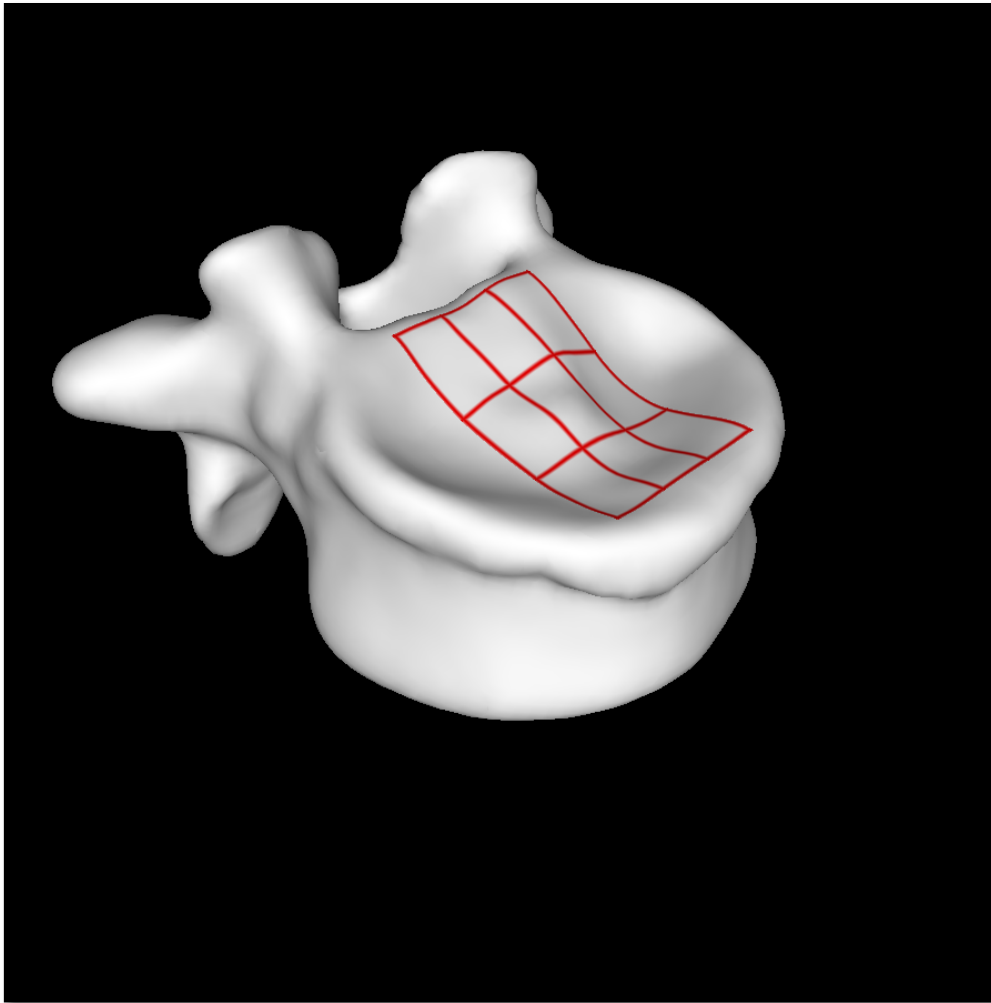


Fig.102. Obtención de una malla de la superficie vertebral, donde los puntos más deprimidos y con mayor alteración angular proveen una detallada caracterización de la superficie vertebral.

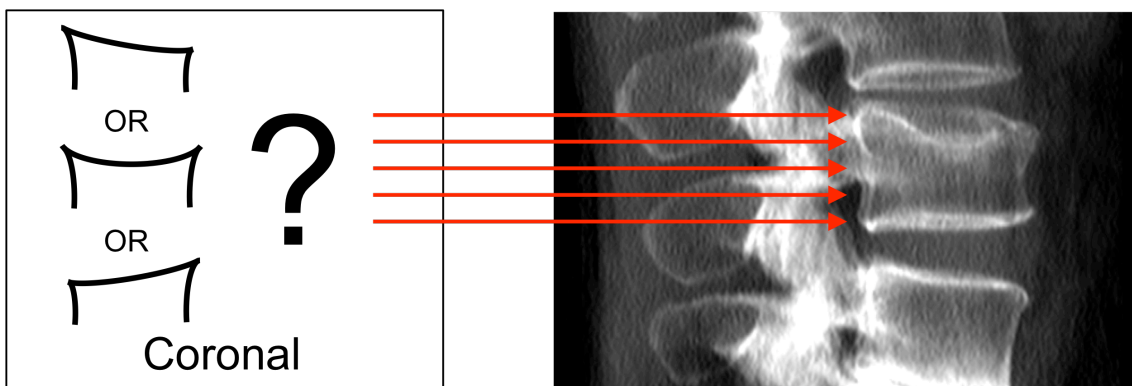
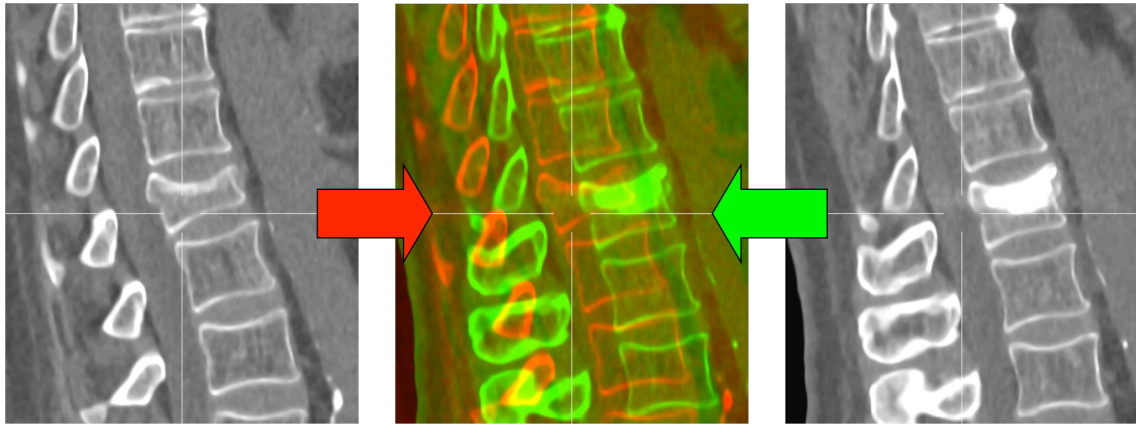
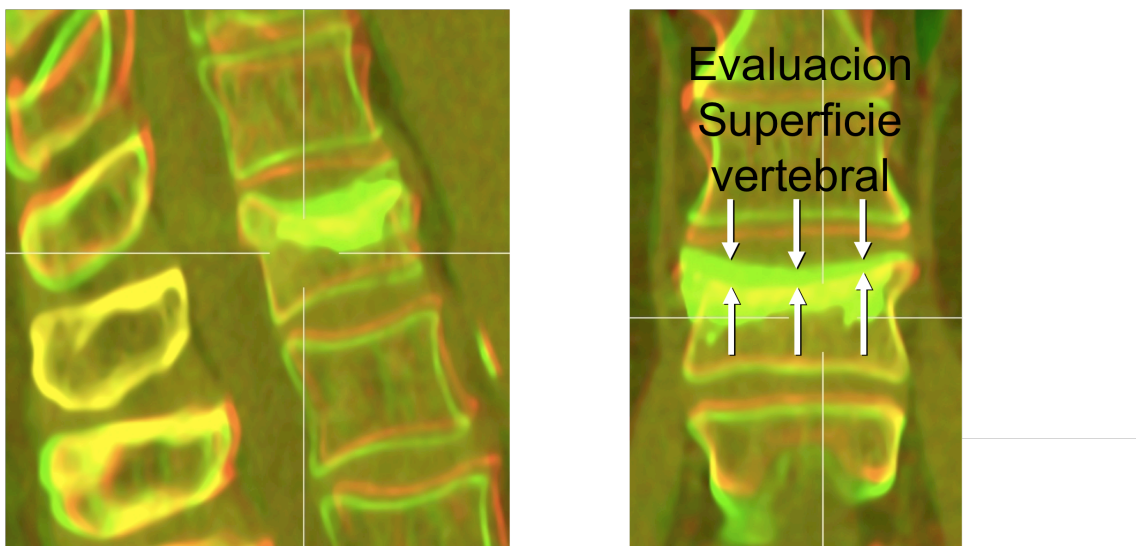


Fig.103,104. Imposibilidad de reconocer cual de las lesiones de la Fig.103 genera la imagen radiológica de la imagen 104.



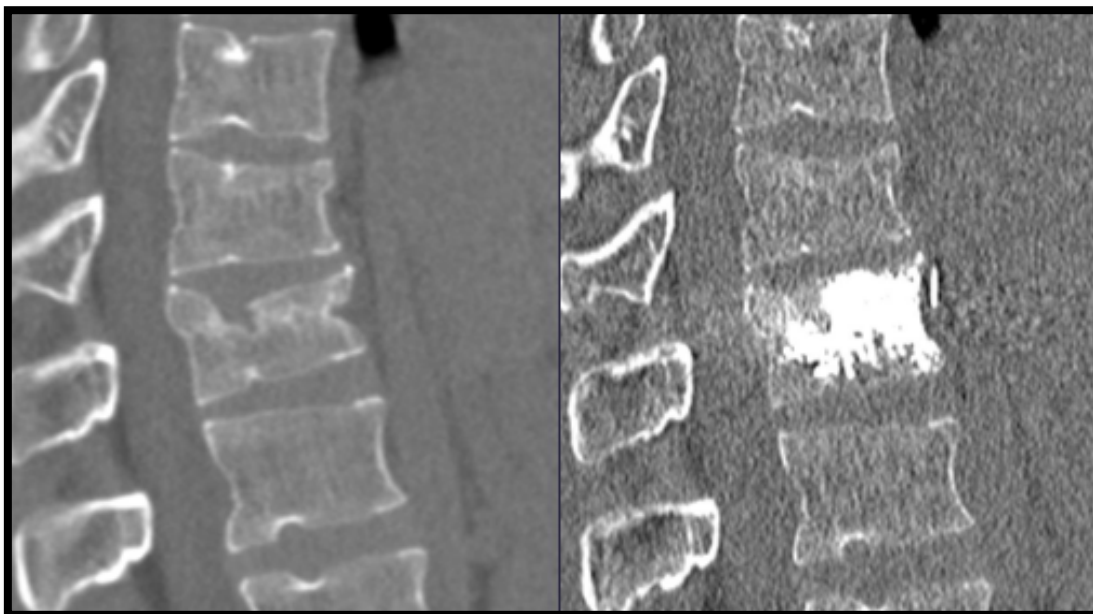
Figs.105,106,107. Superposición de 2 TAC preoperatorio y postoperatorio sin segmentación en los distintos planos sagital, coronal y axial.



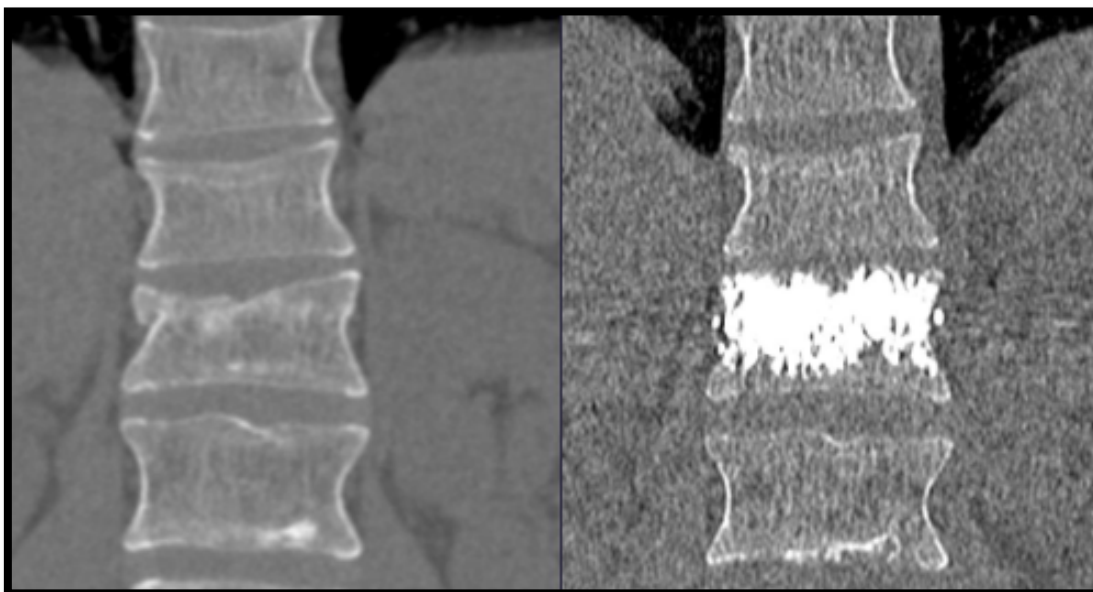
Figs.108,109. Superposición de 2 TAC preoperatorio y postoperatorio después de segmentar la vértebra en los distintos planos sagital, coronal y axial.

La precisión del método utilizado depende del grosor y avance de la hélice del TAC realizado. Esta reconstrucción 3D permite también realizar un cálculo de los valores angulares entre las superficies vertebrales sin los sesgos habituales de otros métodos de medida biplanar para objetos tridimensionales. (Figs.110-116)

La validación de este método 3D va a permitir solucionar la falta de un método valido, reproducible y sencillo para la evaluación de los tratamientos aplicados sobre fracturas vertebrales.



Figs.110,111. Cortes sagitales TAC preop y postop.



Figs.112,113. Cortes coronales TAC preop y postop.



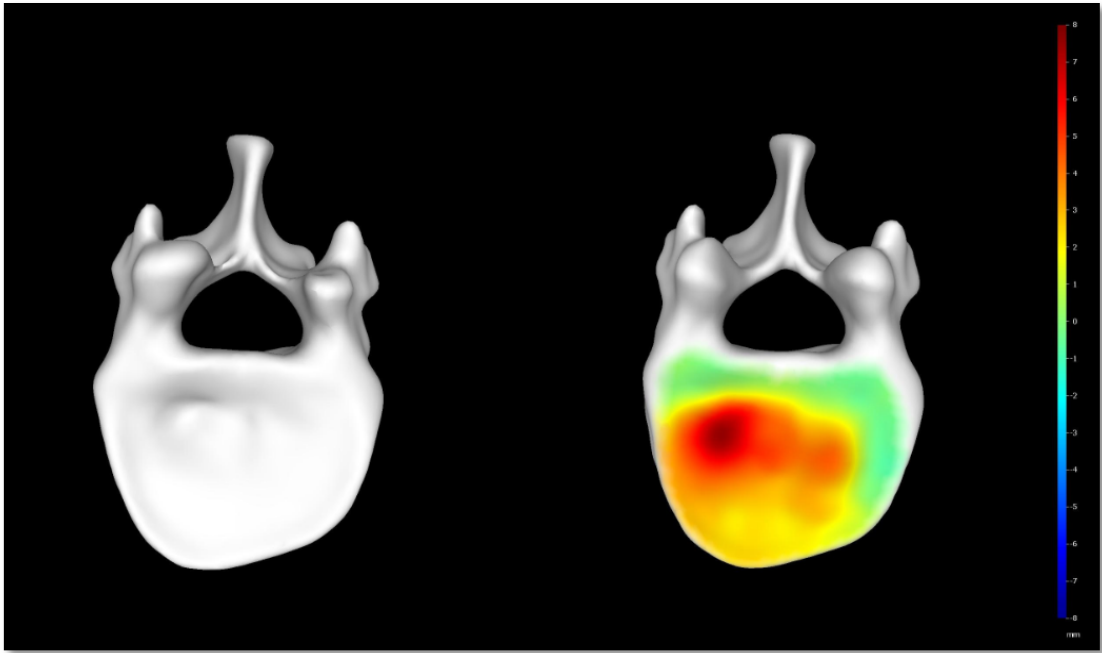


Fig.114. Reconstrucción 3D. Vista del platillo superior. Topograma de las distintas áreas del platillo vertebral reconstruidas.

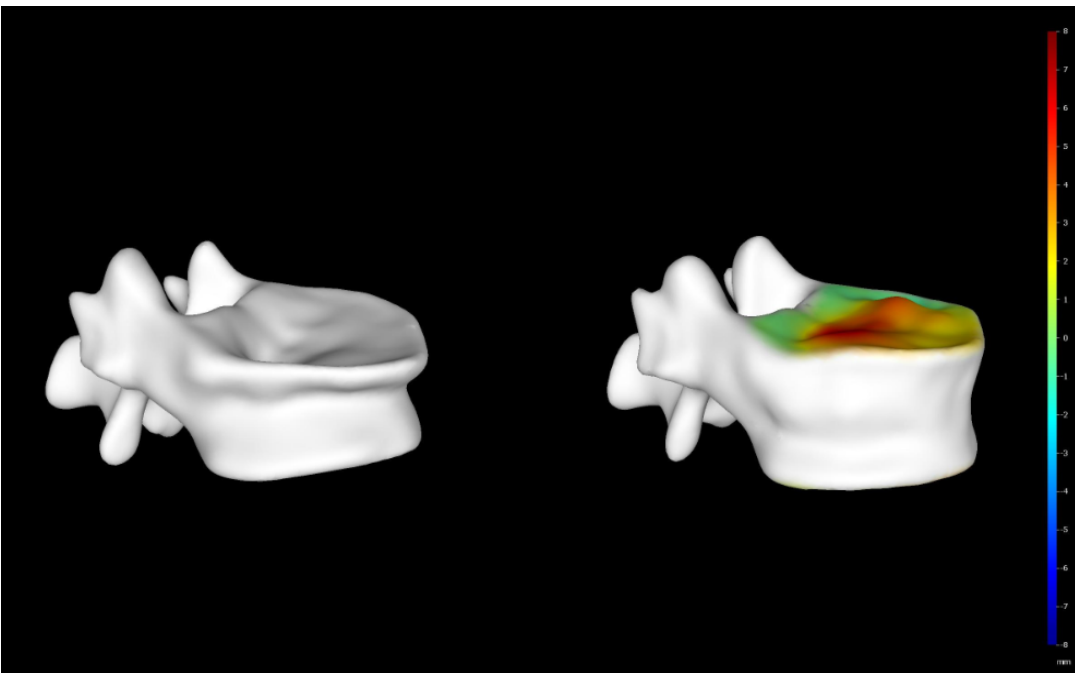


Fig.115. Reconstrucción 3D. Vista de perfil. Topograma de las distintas áreas del platillo vertebral reconstruidas.

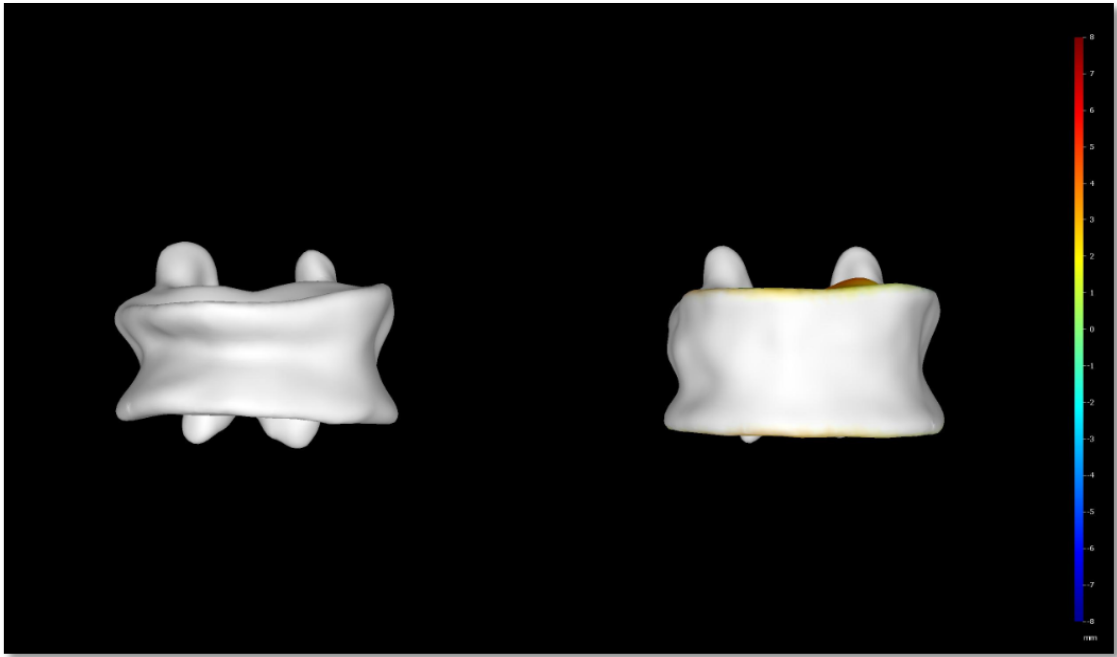


Fig.116. Reconstrucción 3D. Vista frontal. Topograma de las distintas áreas del platillo vertebral reconstruidas.

## 10.5. DESCRIPCION DE LA TECNICA QUIRURGICA

Todos los procedimientos quirúrgicos han sido realizados mediante anestesia general en mesa radiotransparente y con fluoroscopia biplanar durante el procedimiento quirúrgico.

### 10.5.1. REDUCCION

Colocación del paciente en decúbito prono con leve hiperextensión del raquis (Fig.117) para favorecer el primer paso de la reducción de cuerpo vertebral, el anillo cortical, mediante la capacidad de reducción del fenómeno de ligamentotaxis.



Fig.117.Posición intraoperatoria.

Una vez posicionado el paciente y bajo control fluoroscopia se colocan dos implantes de titanio por vía transpedicular. La trayectoria de acceso transpedicular así como la colocación del implante se realiza de forma específica en función del tipo de fractura, permaneciendo los implantes dentro del cuerpo vertebral. (Fig.118,119)

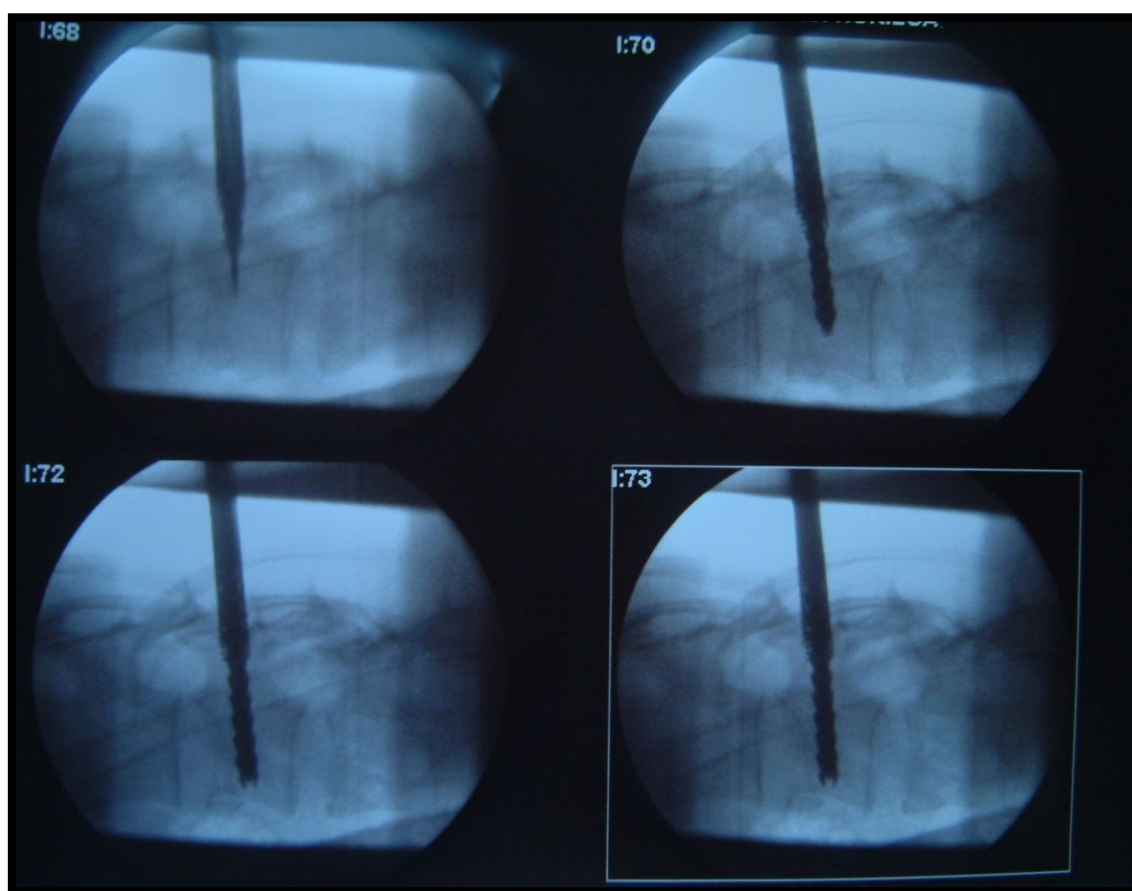


Fig.118. Imágenes fluoroscópicas de la técnica quirúrgica.

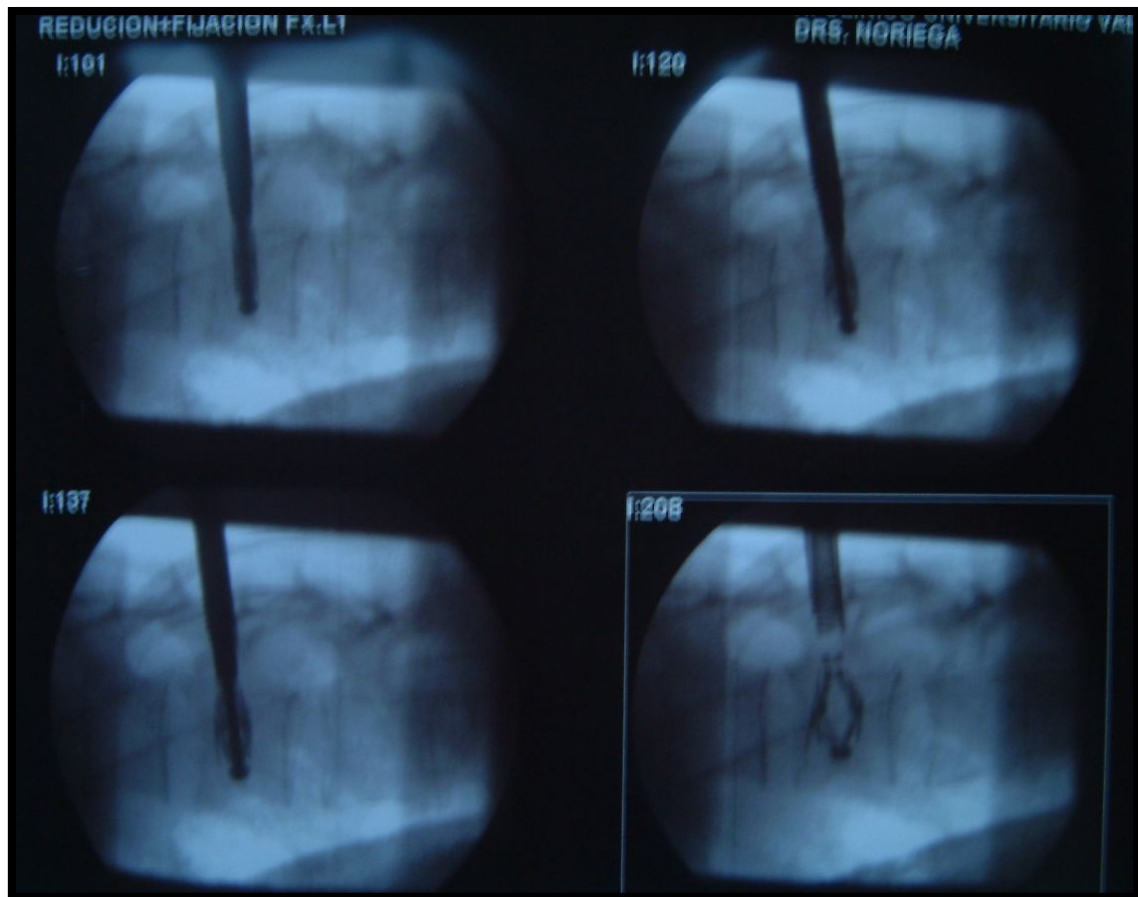


Fig.119. Imágenes fluoroscópicas de la técnica quirúrgica.

La colocación específica durante el abordaje transpedicular y la posición final dentro del cuerpo vertebral se realiza en función del tipo de fractura, de tal manera que nos encontramos las 3 opciones siguientes:

1. Fractura Acuñaamiento:

a. Descripción de la fractura:

- i. Vista Craneal: incremento de la inclinación del platillo vertebral hacia la parte anterior del cuerpo vertebral. Pequeño fragmento en la parte anterior del platillo vertebral. Muro posterior intacto. (Fig.120)
- ii. Vista Caudal: no existe lesión sobre el platillo inferior ni sobre el anillo cortical. (Fig.120)

- iii. Vista coronal: pérdida de altura en la parte anterior del cuerpo vertebral, se objetiva lesión del ángulo anterosuperior del cuerpo vertebral. Claro incremento de la pendiente del platillo vertebral superior. (Fig.120)
- iv. Vista sagital: ruptura de la cortical, ruptura del ángulo anterosuperior del anillo cortical y aumento de la pendiente del platillo vertebral superior en sentido dorso-ventral. (Fig.120)

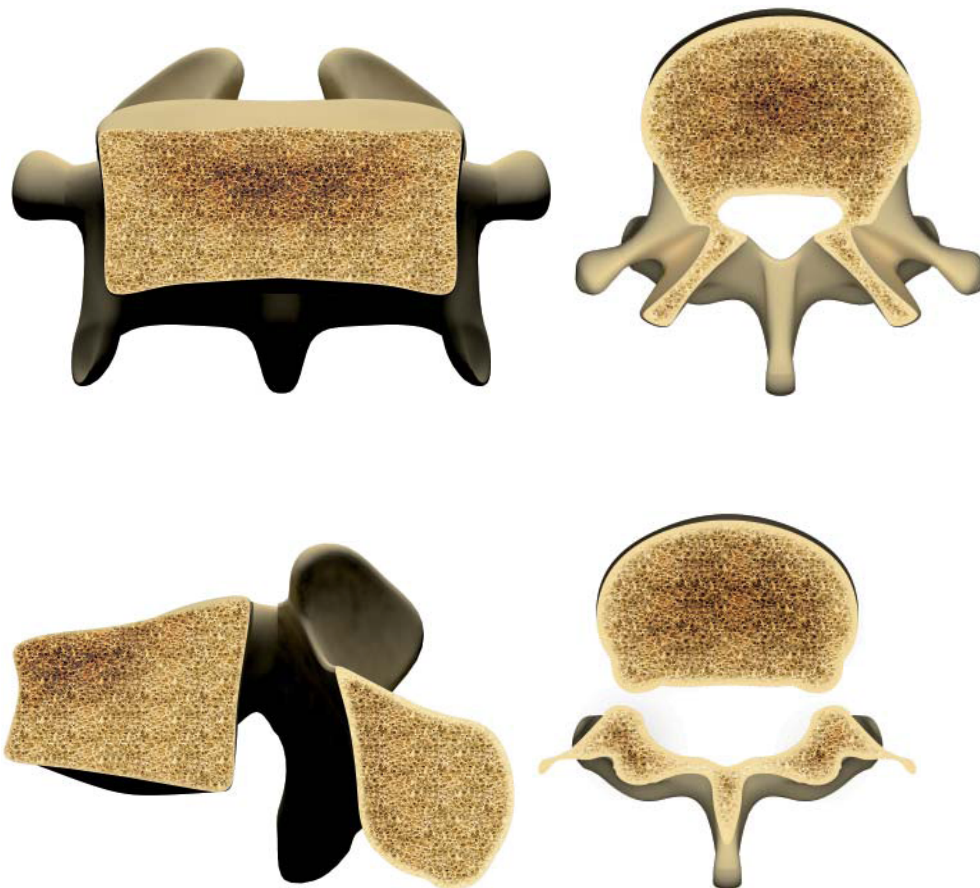


Fig.120. Visión frontal, axial superior, sagital y axial inferior de una fractura vertebral tipo acuñaamiento.

b. Objetivos:

- i. reducción estable del anillo cortical
- ii. reducción estable del ángulo anterosuperior del anillo cortical y del área correspondiente del platillo vertebral
- iii. Control de la inclinación del platillo vertebral superior
- iv. reducción de las pequeñas depresiones que se puedan haber generado en el platillo vertebral.

c. Pasos quirúrgicos:

i. Punto de entrada

1. Proyección posteroanterior: cuadrante supero-externo del oval del pedículo. Este punto de entrada permite adaptar la trayectoria tanto en inclinación como en convergencia a las características específicas de la fractura. (fig.121)

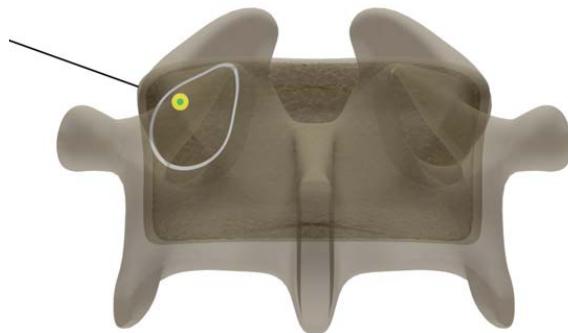


Fig.121. Punto de entrada en vista posteroanterior

2. Proyección sagital: en la mitad superior del pedículo.

Este punto de entrada permitirá seguir la trayectoria con la pendiente adecuada a la inclinación del platillo vertebral superior y mantener la distancia de



seguridad y eficacia al mismo.(Fig.122)

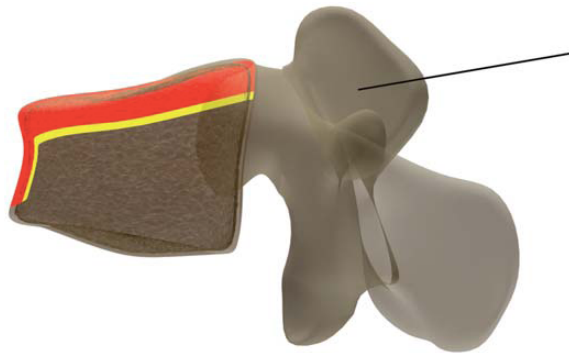


Fig.122. Punto de entrada en vista sagital.

3. Trayectoria a través del pedículo:

- a. Proyección posteroanterior: los instrumentos de brocado así como las agujas guía deben mantenerse dentro del perímetro oval del pedículo. (Fig.123)

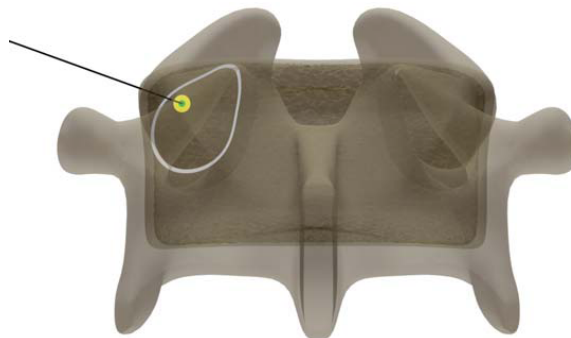


Fig.123. Trayectoria a través del pedículo. Vista posteroanterior.

- b. Proyección sagital: mantener la inclinación de la trayectoria con el objetivo de seguir paralelo a la superficie del platillo vertebral. (Fig.124)



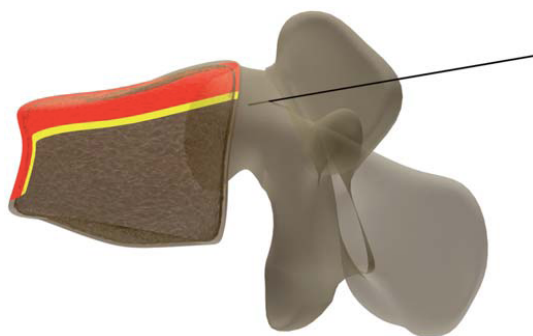


Fig.124. Trayectoria a través del pedículo. Vista sagital.

4. Trayectoria dentro del cuerpo vertebral:

- a. Proyección posteroanterior: una vez dentro del cuerpo vertebral se puede sobrepasar el borde medial del pedículo con el objetivo de alcanzar la línea media con la parte más distal del instrumental. (Fig.125)

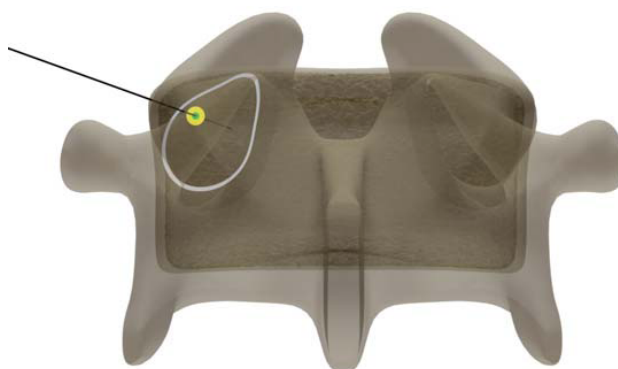


Fig.125. Trayectoria dentro del cuerpo vertebral. Vista posteroanterior.

- b. Proyección sagital: mantenerse paralelo a la superficie del platillo vertebral a una distancia de 3mm del mismo con el fin de evitar daños iatrogénicos, pero lo suficientemente próximo como para tener capacidad de reducción.

(Fig.126)

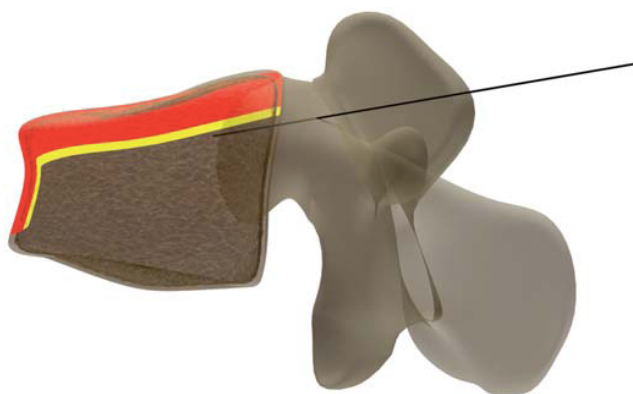


Fig.126. Trayectoria en el cuerpo vertebral. Vista sagital.

5. Posición final:

- a. Proyección posteroanterior: lo más próximo a la línea del cuerpo vertebral. Basándonos en la planificación preoperatoria en función de las características específicas de cada fractura.

(Fig.127)

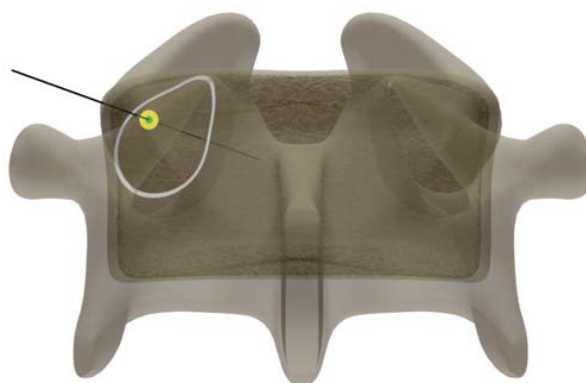


Fig.127. Posición final. Vista posteroanterior.

- b. Proyección sagital: paralelo a la superficie del platillo vertebral a una distancia de 3mm del mismo y no aproximarse más de 3mm a la

pared vertebral anterior. (Fig.128)

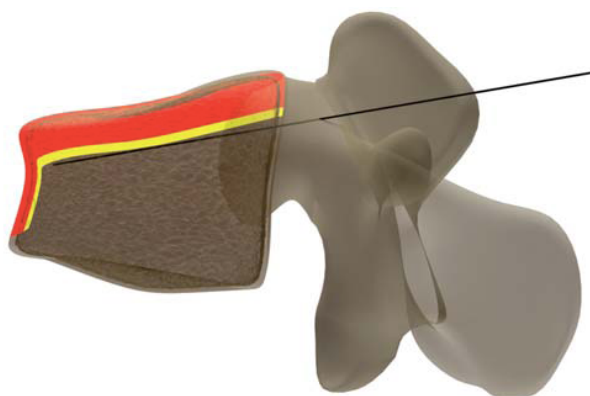


Fig.128. Posición final. Vista sagital.

## 2. Fractura bicóncava:

### a. Descripción de la fractura:

- i. Vista craneal: depresión de la zona central del platillo vertebral superior, que incrementa su concavidad. (Fig.129)
- ii. Vista caudal: incremento de la concavidad del platillo vertebral inferior. (Fig.129)
- iii. Vista anterior: disminución de altura en la zona central de la vértebra que se encuentra parcialmente colapsada. (Fig.129)
- iv. Vista sagital: incremento de la concavidad de ambos platillos vertebrales, con un colapso central del cuerpo vertebral. El muro posterior está intacto si bien puede estar comprimido. (Fig.129)

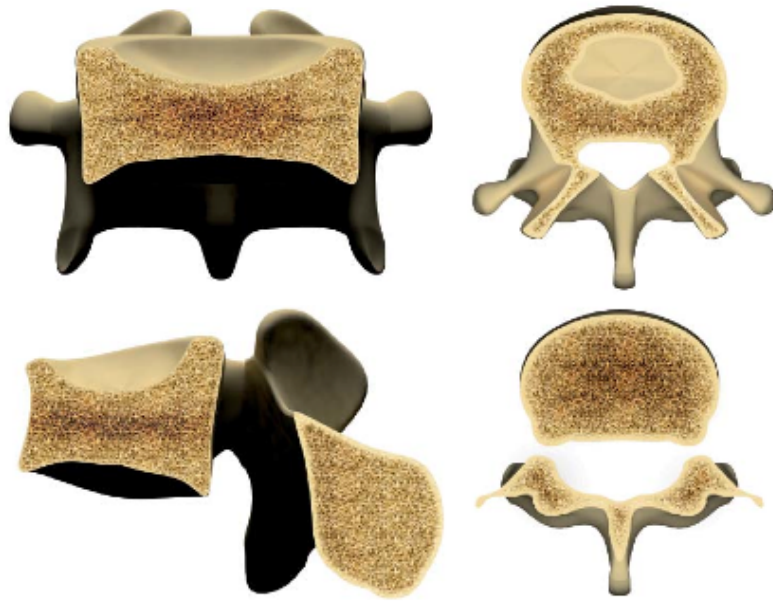


Fig.129. Visión frontal, axial superior, sagital y axial inferior de una fractura vertebral tipo bicóncavo.

b. Objetivos:

- i. Disminución del colapso central del cuerpo vertebral que permite restaurar la función discal y la transferencia de cargas.

c. Pasos quirúrgicos:

i. Punto de entrada:

- 1. Vista posteroanterior: debe estar localizado en la mitad inferior y exterior del pedículo. (Fig.130)

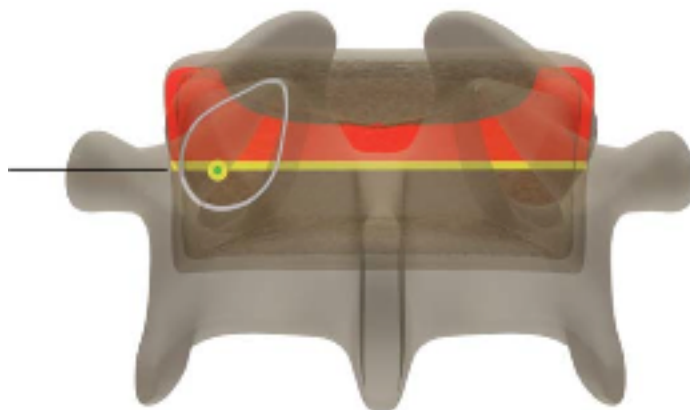


Fig.130. Punto de entrada. Vista posteroanterior.

2. Vista sagital: localizado en la mitad inferior del pedículo.(Fig.131)

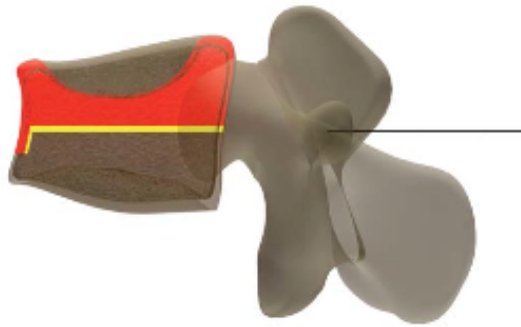


Fig.131.Punto de entrada. Vista sagital.

ii. Trayectoria a través del pedículo

1. Vista posteroanterior: no sobrepasar el borde medial del pedículo durante el trayecto a través del mismo.(Fig.132)

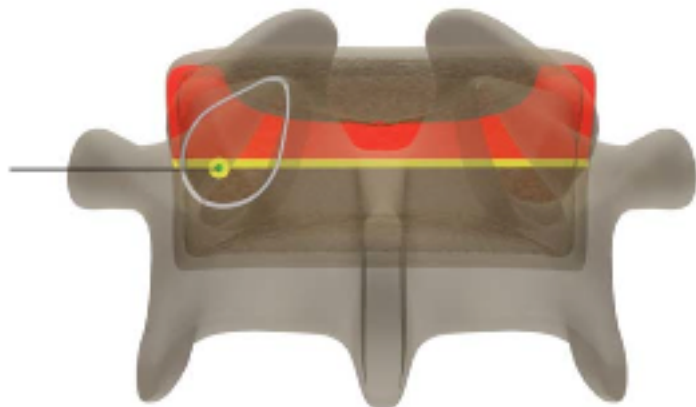


Fig.132. Trayectoria a través del pedículo. Vista posteroanterior.

2. Vista sagital: mantenerse paralelo al eje mayor del cuerpo vertebral, asegurándose de que la

prolongación de nuestra trayectoria este entre las zonas más colapsadas de ambos platillo vertebrales.

(Fig.133)

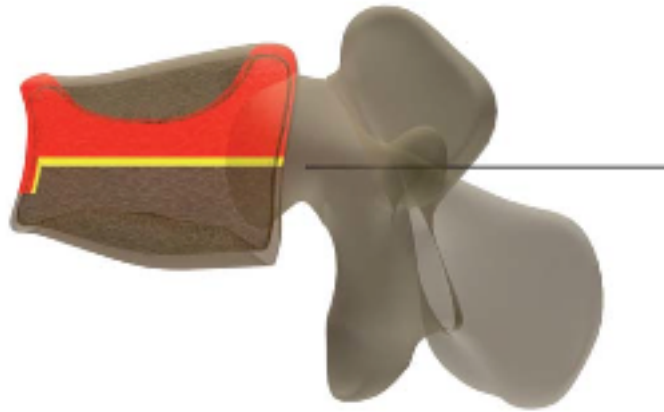


Fig.133. Trayectoria a través del pedículo. Vista sagital.

iii. Trayectoria en el cuerpo vertebral:

1. Vista posteroanterior: adaptar la trayectoria a la concavidad de ambos platillos vertebrales. (Fig.134)

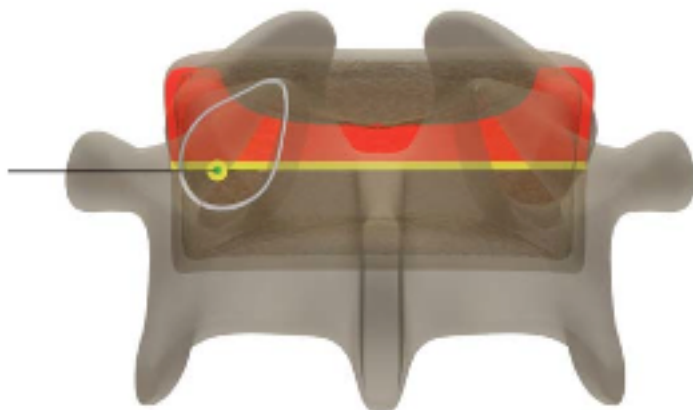


Fig.134. Trayectoria dentro del cuerpo vertebral. Vista posteroanterior.

2. Vista sagital: mantener el paralelismo en la trayectoria con el eje anteroposterior vertebral, manteniendo la

distancia a los platillos vertebrales de 3mm. (Fig.135)

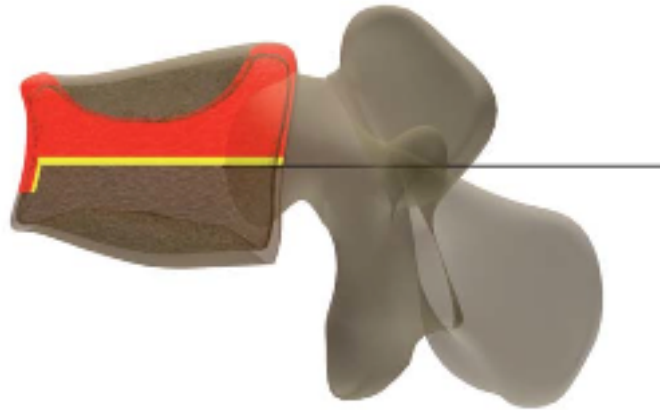


Fig.135. Trayectoria dentro del cuerpo vertebral. Vista sagital.

iv. Posición final:

1. Vista posteroanterior: debajo de la zona más deprimida del platillo vertebral superior.(Fig.136)

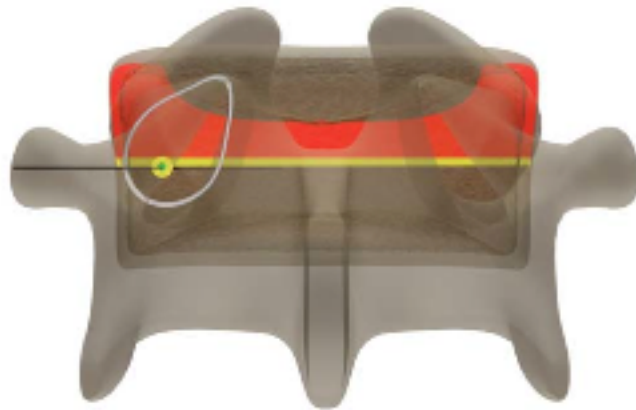


Fig.136. Posición final. Vista posteroanterior.

2. Vista sagital: posicionar la zona central del implante debajo del área más colapsada. No olvidar que la distancia a la pared anterior debe ser de 3mm como

mínimo.(Fig.137)

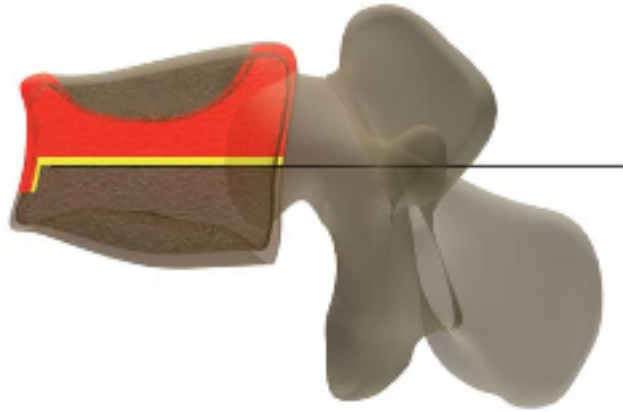


Fig.137.Posición final. Vista sagital.



### 3. Fractura estallido:

#### a. Descripción fractura:

- i. Vista craneal: múltiples líneas de fractura sobre el platillo vertebral. Ruptura del muro posterior con desplazamiento del mismo en sentido posterior. Múltiples líneas de fractura en el anillo cortical. (Fig.138)
- ii. Vista caudal: no lesión ni en el platillo vertebral, ni anillo cortical ni en el muro posterior. (Fig.138)
- iii. Vista anterior: múltiples líneas de fractura en la cortical anterior. Depresión del platillo vertebral con inclinación anterior del mismo, y ruptura del ángulo anterosuperior. (Fig.138)

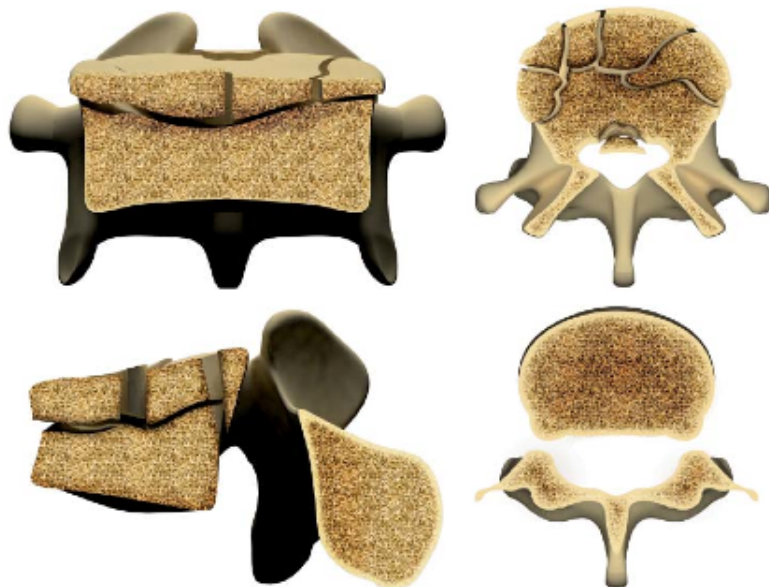


Fig.138. Visión frontal, axial superior, sagital y axial inferior de una fractura vertebral tipo estallido.

b. Objetivos:

- i. Reducir platillo vertebral superior.
- ii. Reducir anillo cortical.
- iii. Controlar el fragmento de muro posterior.

c. Pasos quirurgicos:

i. Punto de entrada:

1. Vista posteroanterior: área superoexterna del pedículo, a partir de donde se puede definir cualquier trayectoria en función de las características particulares de las fracturas.(fig.139)

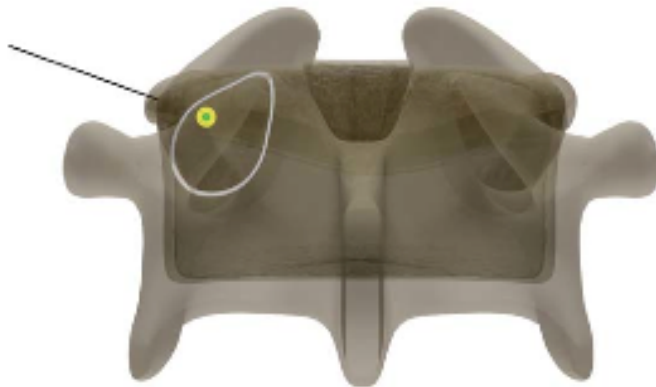


Fig.139.Punto de entrada. Vista posteroanterior.

2. Vista sagital: tercio superior del pedículo.(fig.140)

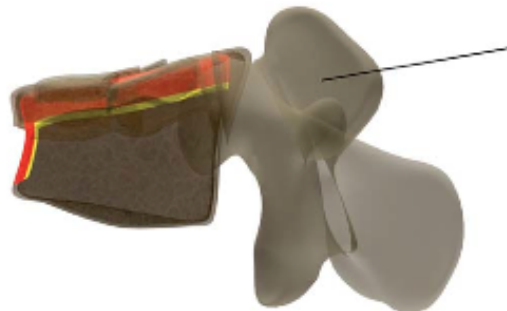


Fig.140. Punto de entrada. Vista sagital.

ii. Trayectoria a través del pedículo:

1. Vista postero anterior: no sobrepasar nunca el borde medial del pedículo. (fig.141)

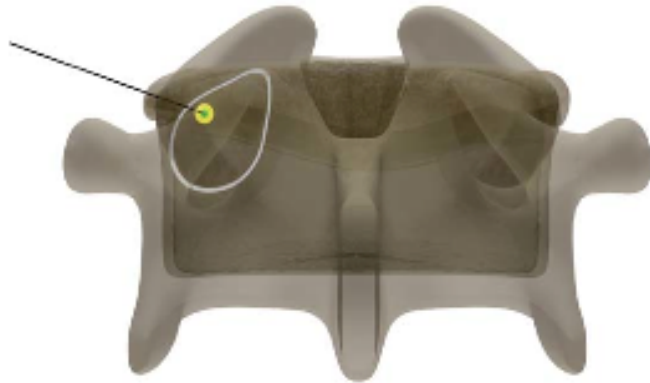


Fig.141. Trayectoria a través del pedículo. Vista posteroanterior.

2. Vista sagital: ajustar la trayectoria con el fin de mantenerse a la distancia adecuada de los múltiples fragmentos del platillo vertebral superior. (fig.142)

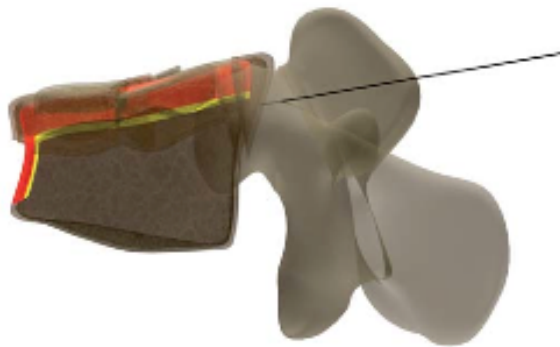


Fig.142. Trayectoria a través del pedículo. Vista sagital.

iii. Trayectoria en el cuerpo vertebral:

1. Vista posteroanterior:: mantener los instrumentos de trabajo por debajo del fragmento más hundido con el fin de evitar generar trayectorias dentro-fuera en el

espacio discal. (fig.143)

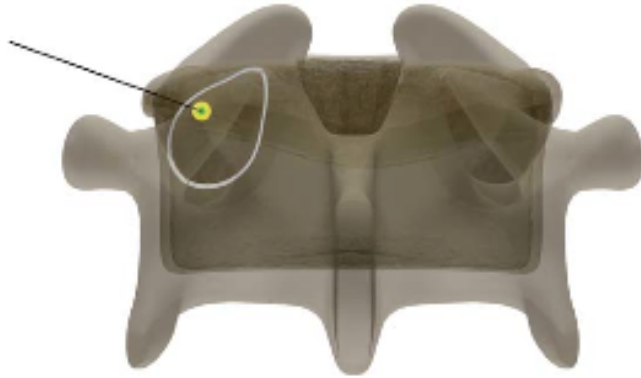


Fig.143.Trayectoria en el cuerpo vertebral. Vista posteroanterior.

2. Vista sagital: mantener la inclinacion de la trayectoria paralela a la superficie del platillo vertebral. No alejarse mas de 3mm de la superficie articular, manteniendose por debajo de los fragmentos del platillo-vertebral.(Fig.144)

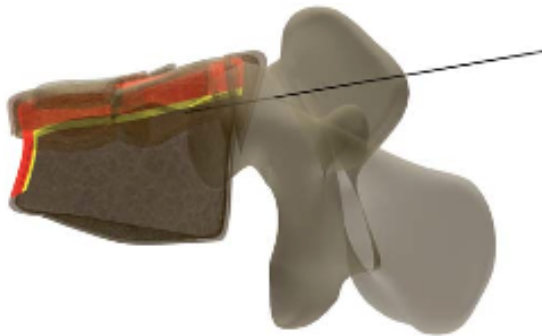


Fig.144.Trayectoria en cuerpo vertebral. Vista sagital.

iv. Posición final:

1. Vista posteroanterior: lo más próximo a la línea media posible.(fig.145)

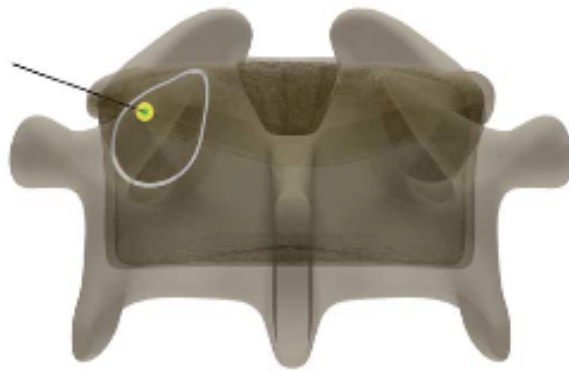


Fig.145.Posición final. Vista posteroanterior.

2. Vista sagital: 3mm por debajo del platillo vertebral, 3mm posterior a la línea vertebral anterior.(fig.146)

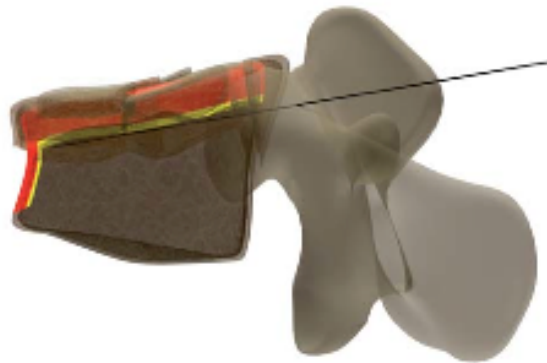


Fig.146.Posición final. Vista sagital.

En la posición cerrada de introducción sus medidas son de 5mm de diámetro y 25mm de longitud. Mediante el control del abordaje y el posicionamiento dentro del cuerpo vertebral tendremos la capacidad de reducción del platillo vertebral y

completar la reducción de la cortical vertebral una vez comencemos las maniobras de expansión de los implantes de titanio.

El control del procedimiento de reducción se realiza mediante visión de escopia directa en ambas proyecciones radiológicas, AP y lateral, que permitirá decidir el final de las maniobras de reducción vertebral de acuerdo con la imagen anatómica obtenida mediante las distintas proyecciones radiológicas intraoperatoriamente. Una vez obtenida la reducción de las estructuras vertebrales, tanto de la cortical vertebral como del platillo vertebral, pasaremos al proceso de fijación estable.

#### **10.5.2. FIJACIÓN ESTABLE**

La fijación estable se ha realizado con cemento acrílico (PMMA) inyectado dentro del cuerpo vertebral a través de los dos implantes de titanio mediante el uso de cánulas específicas de cementación. La distribución del cemento será homogénea en toda la región central y anterior del cuerpo vertebral ya que existen numerosas ventanas de la estructura trabecular a ambos lados de los implantes intravertebrales que va a permitir una interdigitación entre las dos zonas de inyección de cemento, alcanzando de esta manera una óptima estabilización de la fractura.

## **10.6. MEDIDAS REALIZADAS**

Los resultados clínicos han sido obtenidos por un observador independiente y los resultados radiológicos analizados por 2 radiólogos independientes, siendo su análisis realizado por el laboratorio matemático de la Universidad de Toronto.

La evaluación del dolor se ha realizado mediante una escala EVA de 0=no dolor, a 10=dolor incontrolable en los tiempos indicados previamente.

El estudio radiológico simple se ha realizado en AP y lateral e bipedestación, si bien la evaluación tridimensional vertebral así como los cambios en la cifosis local y segmentaria se han calculado mediante software de reconstrucción tridimensional realizado en el laboratorio matemático de la Universidad de Toronto en base a TAC realizados en General Electric con cortes de 1mm espesor y avance de hélice de 1mm.

El método radiológico de medida, expuesto en el apartado previo con mayor extensión, permite controlar la ubicación en el espacio de forma puntual la superficie vertebral y analizar sus cambios posicionales incluyendo la altura de cada punto. Permite evaluar la angulación local de los platillos vertebrales y su repercusión en la cifosis regional utilizando las superficies de ambos platillos como método de medida angular para calcular el ángulo de Cobb.

La evaluación de las fugas de cemento se ha realizado mediante escopia intraoperatoria en proyección AP y lateral y mediante TAC de alta definición en el postoperatorio.

La aparición de fracturas vertebrales adyacentes después de la intervención quirúrgica ha sido monitorizada y evaluada mediante radiología simple y mediante TAC de alta definición en el caso de las cuatro vértebras adyacentes a la fracturada, tomando como referencia su morfología preoperatoria, e identificando cualquier cambio en la misma como fractura adyacente.

En cuanto a los parámetros radiológicos analizados, se han realizado medidas de los siguientes parámetros:

- ángulo vertebral en 3D preop., postop. y vértebra adyacente.
- altura vertebral en 9 puntos de la superficie del platillo vertebral

(Figs.147,148):

- anterior derecha
- anterior central
- anterior izquierda
- medio derecha
- media central
- medio izquierda
- posterior derecha
- posterior central
- posterior izquierda



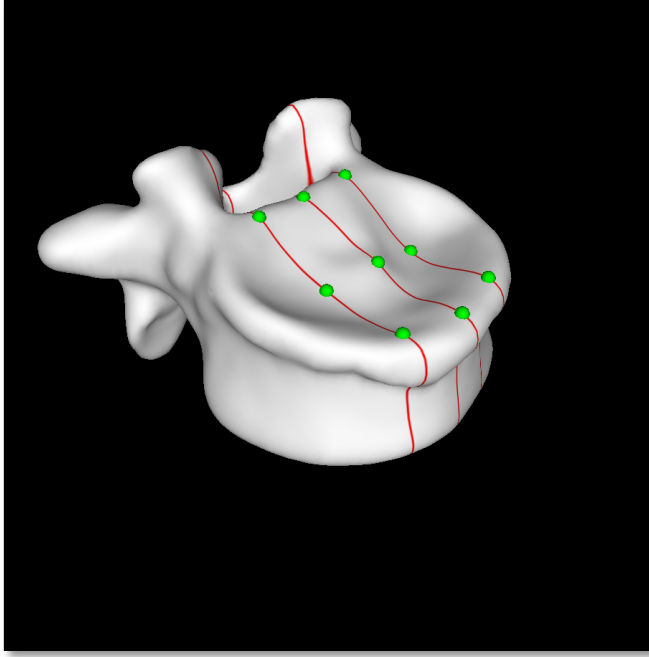


Fig.147. Puntos de superficie vertebral objeto de medida.

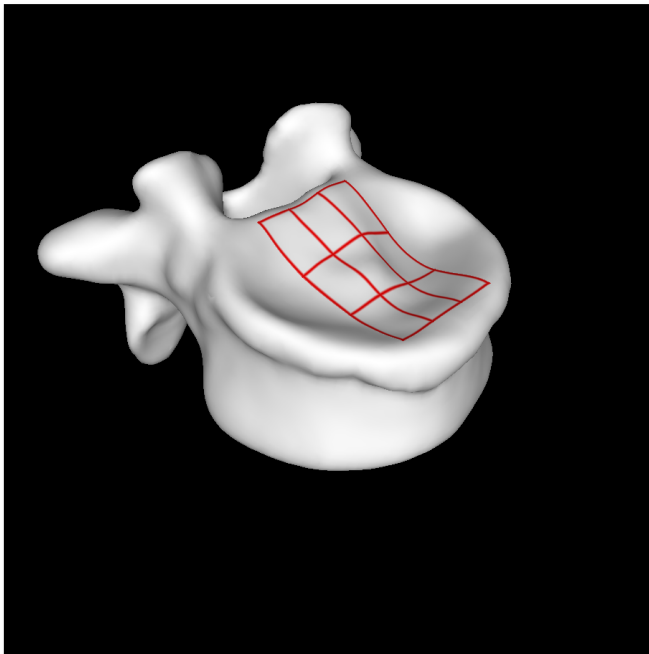


Fig.148. Malla de superficie determinada por los puntos objeto de medida.

## 10.7. PARAMETROS CLINICOS DE EVALUACION

1. Visita inicial:
  - a. Fecha de visita.
  - b. Edad, sexo, peso y altura.
  - c. Antecedentes médicos.
  - d. Antecedentes de otras enfermedades.
  - e. Características de la fractura.
  - f. Estudio radiológico.
  - g. EVA.
  - h. EQ5.
  - i. Ingesta de analgésicos.
2. Durante el procedimiento quirúrgico
  - a. Descripción del procedimiento.
  - b. Información del material utilizado con codificación del mismo.
  - c. Evaluación de la funcionalidad del material utilizado.
  - d. Notificación de efectos adversos.
3. Evaluación al alta hospitalaria
  - a. Fecha de la visita.
  - b. Estudio radiológico.
  - c. EVA.
  - d. Ingesta analgésicos.
  - e. Notificación de efectos adversos.
4. Evaluación a los 3 meses de seguimiento
  - a. Fecha de la visita.

- b. Estudio radiológico.
  - c. EVA.
  - d. Notificación de efectos adversos.
5. Evaluación a los 6 meses de seguimiento
- a. Fecha de la visita.
  - b. Estudio radiológico.
  - c. EVA.
  - d. EQ5.
  - e. Notificación de efectos adversos.
6. Evaluación a los 12 meses de seguimiento
- a. Fecha de la visita.
  - b. Estudio radiológico.
  - c. EVA.
  - d. EQ5.
  - e. Ingesta de analgésicos.
  - f. Notificación de efectos adversos.

## 10.8. ANALISIS ESTADISTICO

Las variables cuantitativas se presentan con la media y la desviación típica o con la mediana y la amplitud intercuartil en el caso de que no siga una distribución normal. Las cualitativas se resumen según su distribución de frecuencias.

Se ha utilizado el test de Shapiro Wilk para determinar qué variables se ajustaban a dicha distribución, todos los parámetros a excepción de los angulares seguían esta distribución.

Mediante el test Chi-cuadrado de Pearson, se ha analizado la asociación de las variables cualitativas. En el caso de que el número de celdas con valores esperados menores de 5 sea mayor de un 20%, se utilizará el test exacto de Fisher o el test Razón de verosimilitud para variables con más de dos categorías.

Las comparaciones de los valores cuantitativos se han realizado teniendo en cuenta la distribución de las variables y la naturaleza de los datos a comparar.

En el caso de comparar dos grupos independientes se ha analizado mediante la prueba T de Student para muestras independientes o la Prueba U de Mann-Whitney según el caso.

Para la comparación de dos grupos relacionados, se ha utilizado la prueba T de Student para muestras relacionadas o la alternativa no paramétrica de Wilcoxon si los datos no se ajustaban a la normalidad.

Las comparaciones de más de dos grupos se ha realizado mediante las pruebas no paramétricas de Friedman en la comparación de la escala EVA de dolor o la prueba de Kruskal Wallis en la comparación de las diferentes localizaciones de la fractura. En el caso en el cual los resultados de la comparación global han sido estadísticamente significativos, se han utilizado las comparaciones Wilcoxon o U de Mann Whitney con la correspondiente corrección de Bonferroni.

Los datos han sido analizados con el programa estadístico SPSS versión 20.0 para Windows. Aquellos valores de  $p < 0,05$  han sido considerados estadísticamente significativos.

## **10.9. RESULTADOS**

### **10.9.1. ANALISIS DESCRIPTIVO DE LOS PACIENTES**

Entre Junio 2008 y Diciembre de 2009 se han incluido 27 pacientes con fracturas vertebrales por compresión o tipo A de Magerl. La distribución por sexos ha sido de 15 mujeres (55,6%) y 12 hombres (44,4%), con una edad media de 55,93 años  $\pm$  17,3 (22-85). Un 37% (10) de los pacientes presentaban una edad inferior a los

55 años. El peso medio ha sido de 72,15 Kg., con un rango de 58 a 89 Kg. y una altura media 168,35cm, encontrándose el rango entre 157cm y 184 cm. Estos datos nos determinan un índice de masa corporal medio de 25,43 (23,63-26,87) siendo el percentil 25 de 23,63 y el percentil 75 de 26,87.

En cuanto a la localización de la fractura la distribución ha sido la siguiente: 13 casos (48,1%) a nivel de L1, 6 casos (22,2%) a nivel de L2, 2 casos (7,4%) a nivel de L4, 2 casos (7,4%) en el nivel T10 y 4 casos (14,8%) a nivel de T12 (Tabla 2), no existiendo diferencias significativas en cuanto a la distribución por niveles según los grupos de edad ( $p=0,347$ ). (Gráfico 1)

	<b>N</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>L1</b>	13	48,1
<b>L2</b>	6	22,2
<b>L4</b>	2	7,4
<b>T10</b>	2	7,4
<b>T12</b>	4	14,8
<b>Total</b>	27	100,0

Tabla.2. Distribución de la muestra por localización de la fractura.

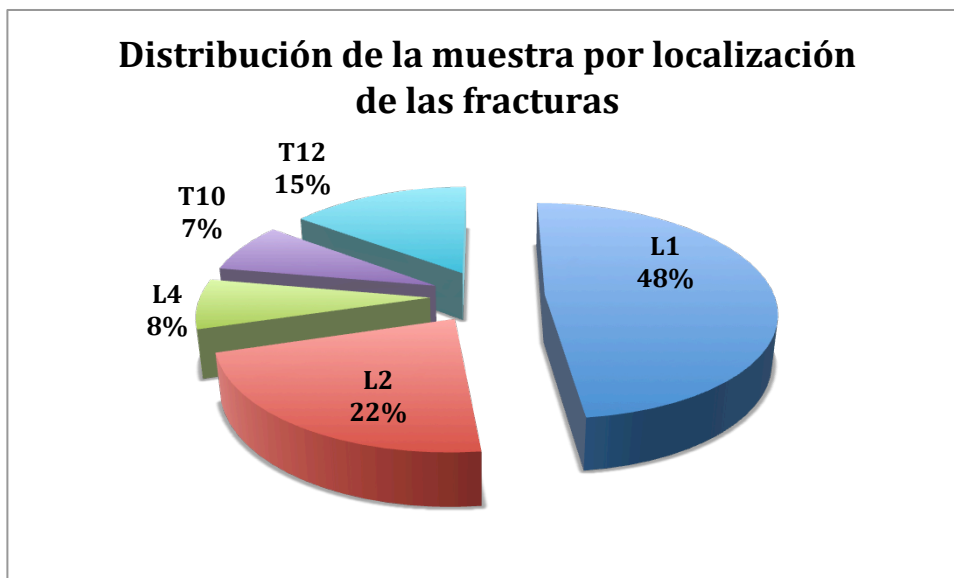


Gráfico.1. Distribución de la muestra en función de la localización.

Desde el punto de vista etiológico, en 19 casos (70,4%) ha existido antecedente traumático, no existiendo diferencias significativas según la distribución por edad. En el grupo de menores de 55 años 9 casos presentaron antecedente traumático, el cual representa el 90% de los casos de dicho grupo, y en el grupo de mayores o iguales a 55 años son 10 los pacientes que han presentado antecedente traumático, el 58,8% de los pacientes del grupo de dicha edad. En 19 casos (70,4%) ha existido un antecedente de osteoporosis, si bien en este caso la distribución entre los dos grupos de edad presenta diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,001$ ) ya que 16 de los 19 casos han estado presentes en el grupo de mayor edad.

En el análisis del tipo de fractura, la distribución ha sido de 19 casos fracturas tipo A1, siendo la distribución en subtipos de 5 casos A1.2 y de 14 casos A1.3, y 8 casos presentaban fracturas de tipo A3.1. (Tabla 3) (Gráfico 2)

Tipo de Fractura	Número de casos	Porcentaje
A1.2	5	18,50%
A1.3	14	51,90%
A3.1	8	29,60%

Tabla.3.Distribución de la muestra en función del tipo de fractura según clasificación AO.

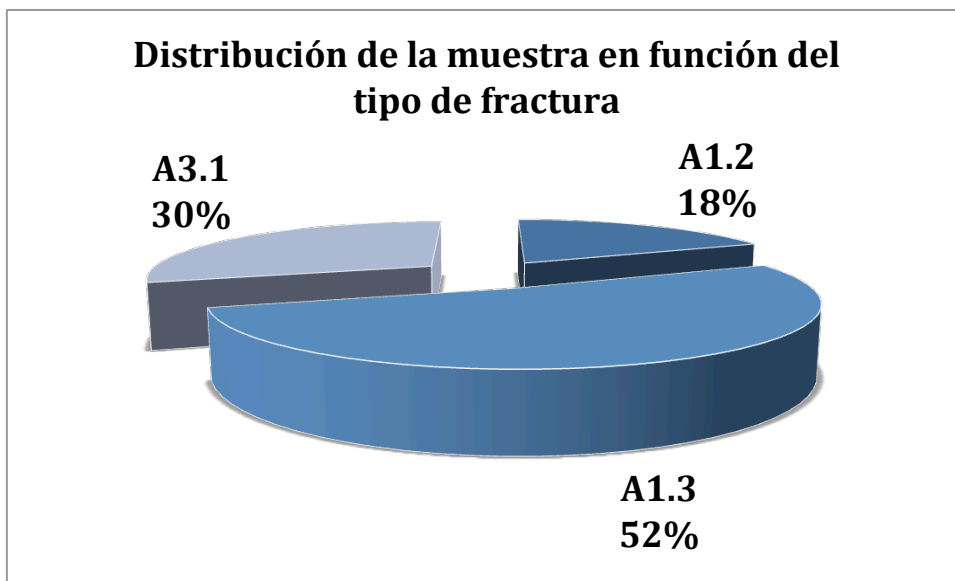


Gráfico.2. Distribución de la muestra en función del tipo de fractura según clasificación AO.



### **10.9.2. ALTURA VERTEBRAL**

El principal parámetro de estudio para el cálculo de la morfología vertebral ha sido la altura vertebral de los 9 puntos de la superficie del platillo vertebral, así como las áreas que dichos puntos van a determinar.

La distribución de las alturas vertebrales en la vértebra adyacente (vértebra de control), vértebra fracturada preoperatoriamente y vértebra fracturada postoperatoriamente han seguido una distribución normal y sus valores pueden verse descritos en la siguiente tabla (Tabla4):

	Altura	Media	Desviación típica
Adyacente	Anterior Derecha	25,8	2,6
	Anterior Centro	25,7	2,6
	Anterior Izquierda	25,8	2,6
	Medio Derecha	26,3	2,5
	Medio Centro	26,2	2,5
	Medio izquierda	26,2	2,6
	Posterior derecha	26,7	2,5
	Posterior centro	26,7	2,5
	Posterior izquierda	26,6	2,6
Pre-op	Anterior Derecha	19,7	2,7
	Anterior Centro	19,7	3,0
	Anterior Izquierda	20,2	3,3
	Medio Derecha	21,8	2,2
	Medio Centro	21,9	2,4
	Medio izquierda	22,3	2,9
	Posterior derecha	24,0	2,1
	Posterior centro	24,3	2,3
	Posterior izquierda	24,5	2,6
Post-op	Anterior Derecha	23,3	2,7
	Anterior Centro	23,2	3,0
	Anterior Izquierda	23,5	3,3
	Medio Derecha	24,4	2,4
	Medio Centro	24,4	2,5
	Medio izquierda	24,6	2,7
	Posterior derecha	25,4	2,2
	Posterior centro	25,5	2,2
	Posterior izquierda	25,7	2,4

Tabla.4. Distribución de los valores de altura vertebral en los distintos puntos de la superficie vertebral en la vértebra adyacente, vértebra fracturada (Pre-op) y vértebra restaurada (Post-op).

Los valores medios de altura preoperatorio presentan pérdidas de altura vertebral en los mismos estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ) con respecto a la altura de la adyacente (gráficos 3-11), considerada como de referencia de la anatomía normal del paciente (Tabla 5). Estas diferencias significativas en cuanto a la pérdida de altura vertebral reflejan que la magnitud de las fracturas vertebrales tenía una significación estadística y por tanto la posibilidad de disminuir o anular dicha diferencia significativa suponía un reto y el objetivo primario.

		Media	Desviación típ.	Diferencias relacionadas			p-valor
				Media	95% Intervalo de confianza		
					Inferior	Superior	
Altura AD	Adyacente	25,8	2,6	6,1	5,2	7,0	<0,001
	Pre-op	19,7	2,7				
Altura AC	Adyacente	25,7	2,6	6,1	5,2	6,9	<0,001
	Pre-op	19,7	3,0				
Altura AI	Adyacente	25,8	2,6	5,5	4,6	6,5	<0,001
	Pre-op	20,2	3,3				
Altura MD	Adyacente	26,3	2,5	4,5	3,6	5,3	<0,001
	Pre-op	21,8	2,2				
Altura MC	Adyacente	26,2	2,5	4,2	3,5	5,0	<0,001
	Pre-op	21,9	2,4				
Altura MI	Adyacente	26,2	2,6	3,9	3,1	4,8	<0,001
	Pre-op	22,3	2,9				
Altura PD	Adyacente	26,7	2,5	2,8	2,0	3,5	<0,001
	Pre-op	24,0	2,1				
Altura PC	Adyacente	26,7	2,5	2,4	1,7	3,1	<0,001
	Pre-op	24,3	2,3				
Altura PI	Adyacente	26,6	2,6	2,1	1,3	2,9	<0,001
	Pre-op	24,5	2,6				

Tabla.5. Comparativa de los valores medios de altura vertebral entre los valores preoperatorios y los valores de referencia de la vértebra adyacente.

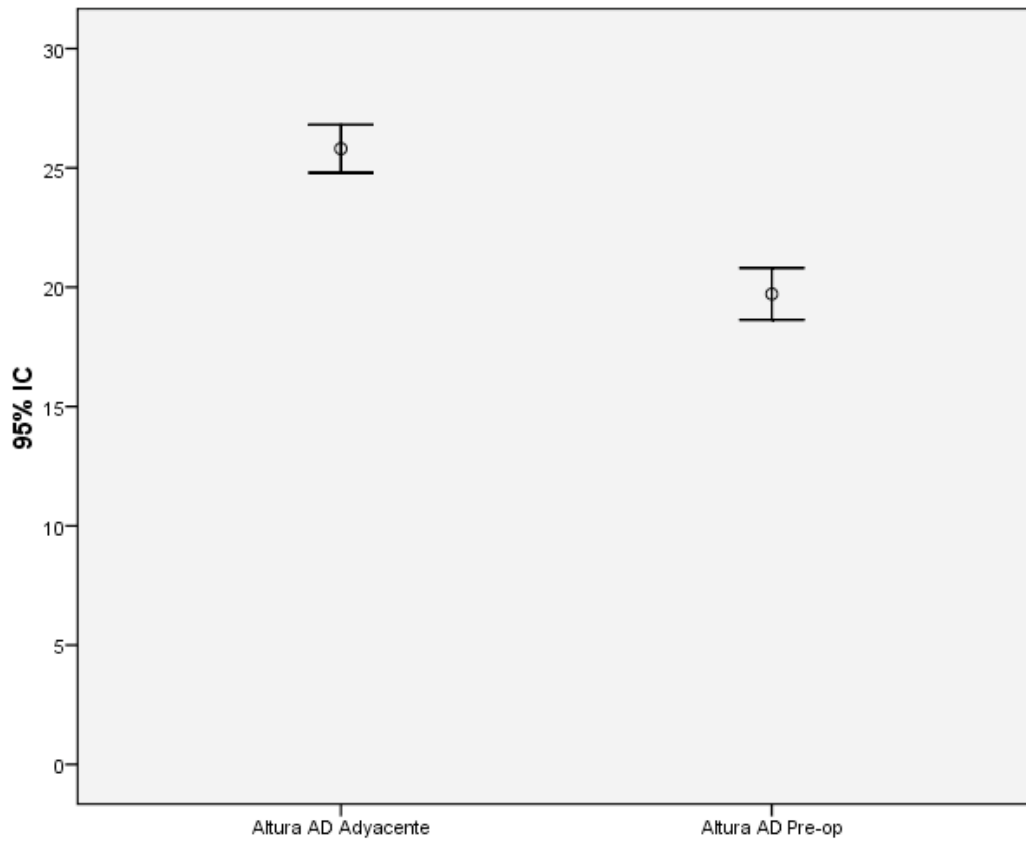


Gráfico.3. Valores altura vertebral anterior derecha preoperatorio y adyacente.

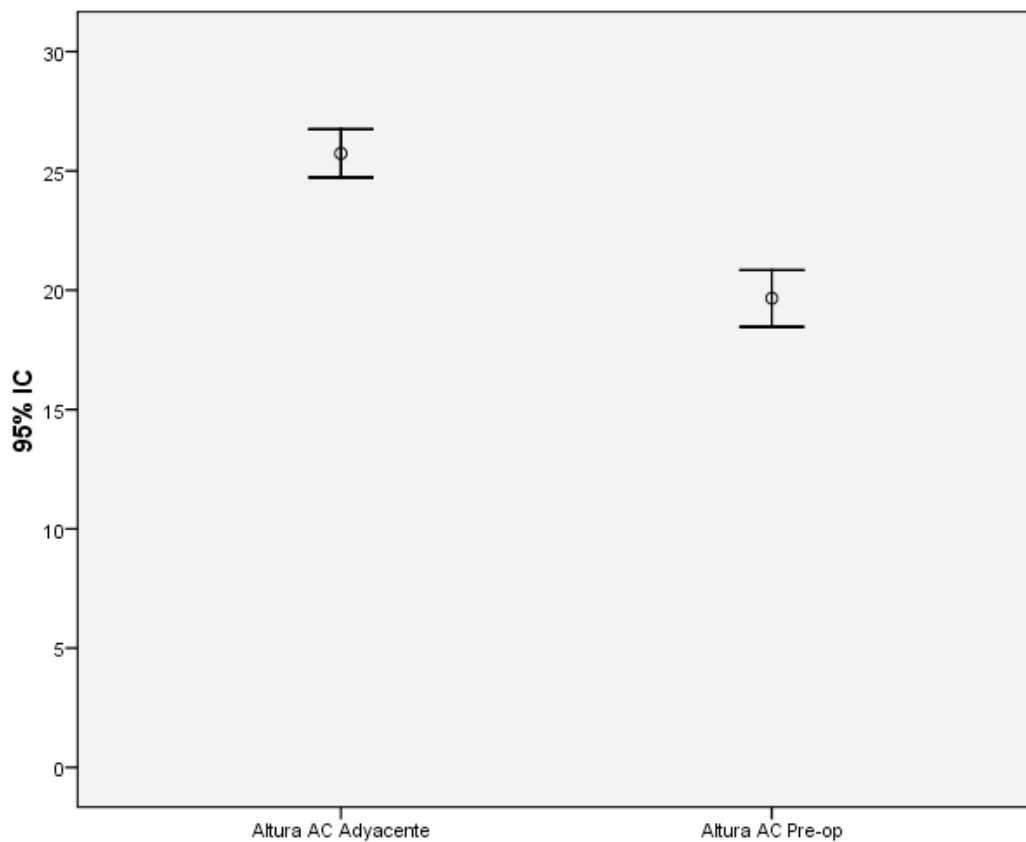


Gráfico.4. Valores altura vertebral anterior central preoperatorio y adyacente.

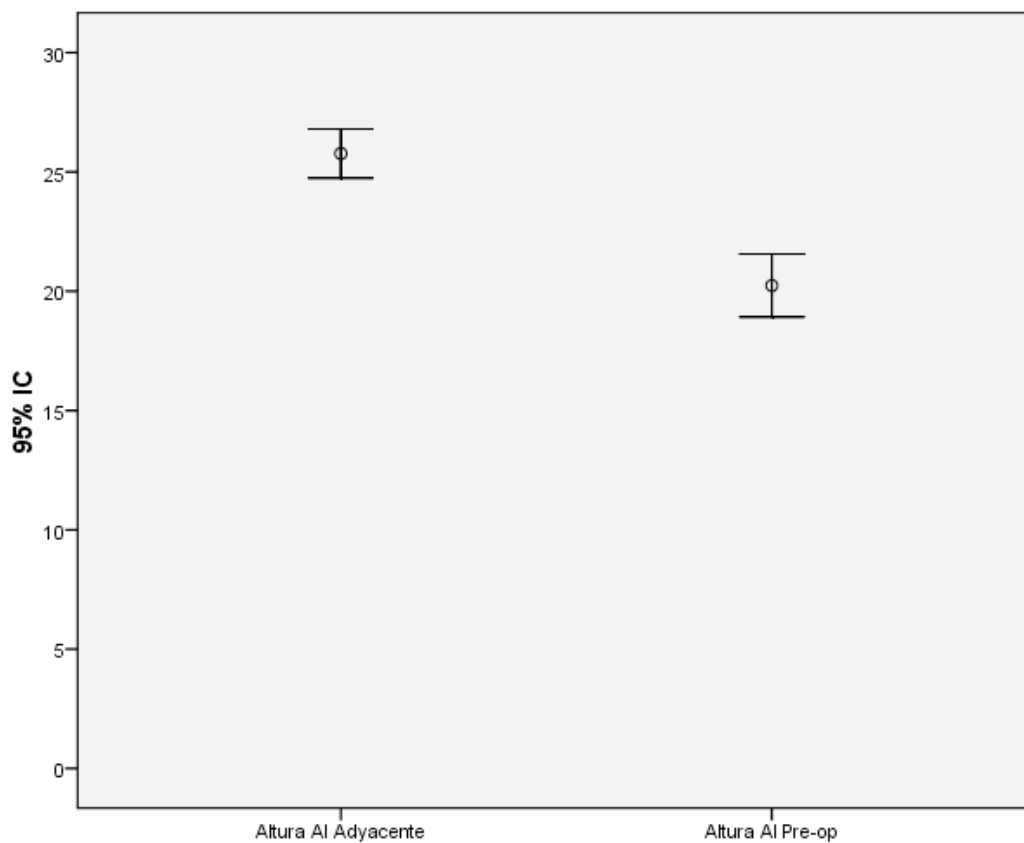


Gráfico.5. Valores altura vertebral anterior izquierda preoperatorio y adyacente.

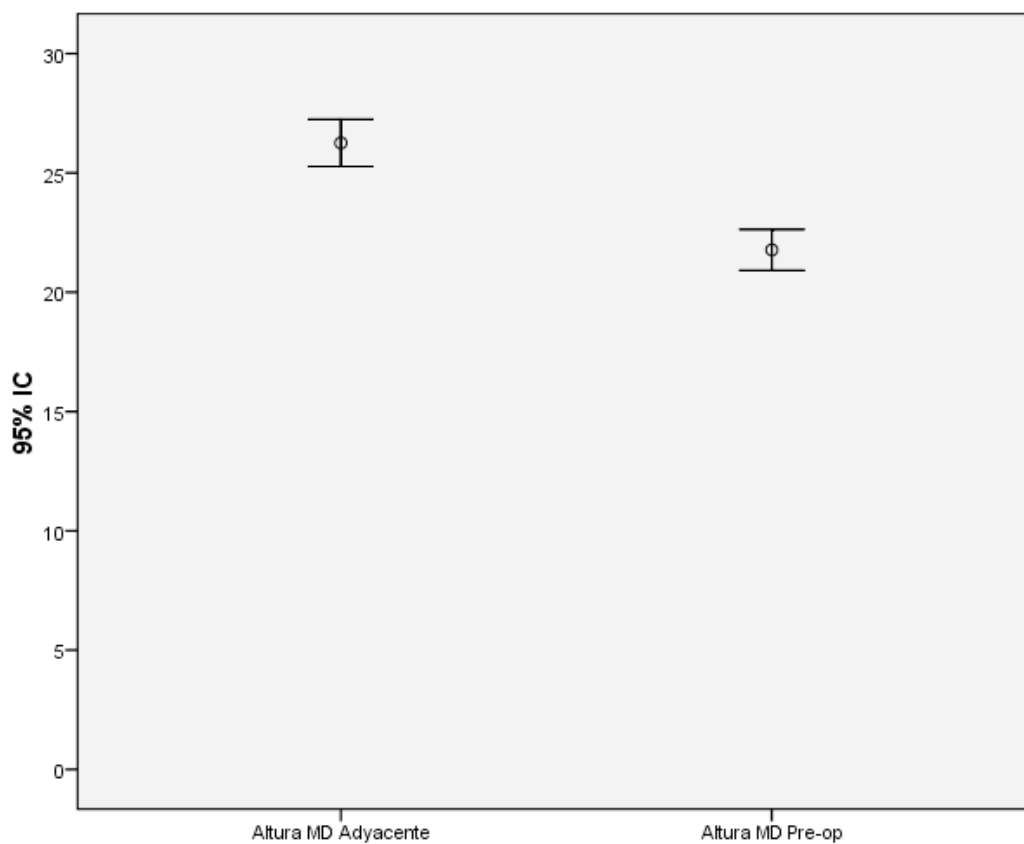


Gráfico.6. Valores altura vertebral medio derecha preoperatorio y adyacente

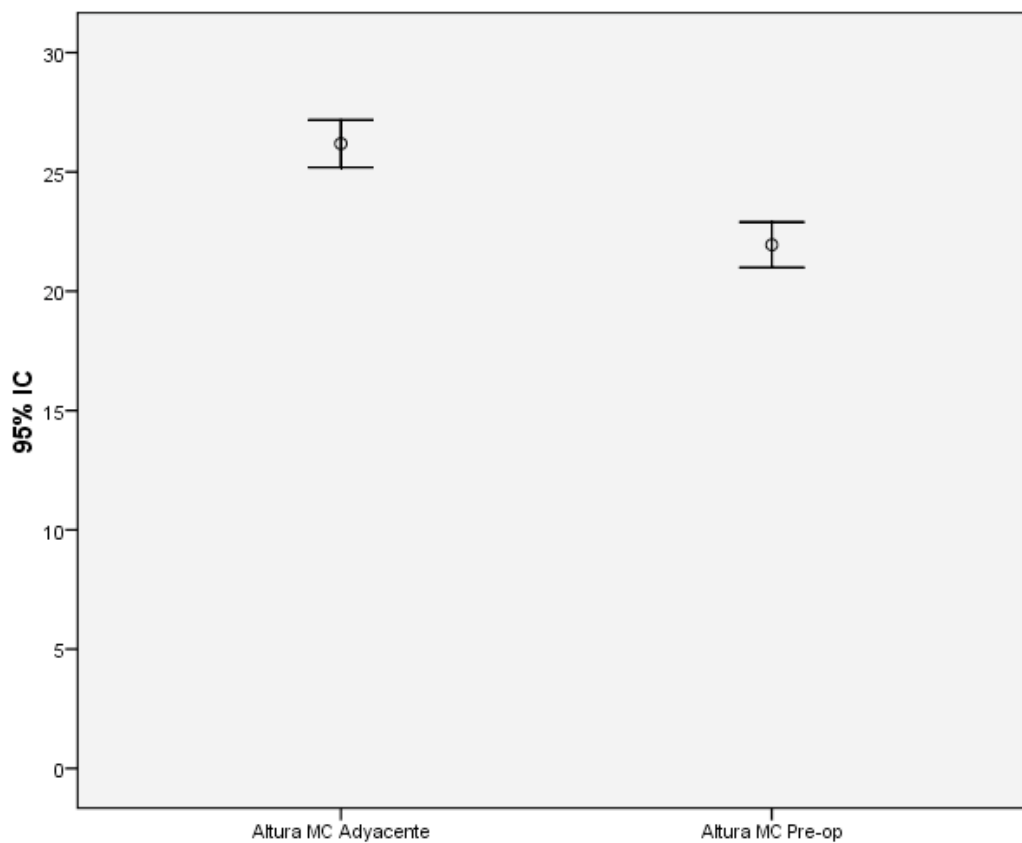


Gráfico.7. Valores altura vertebral medio central preoperatorio y adyacente.

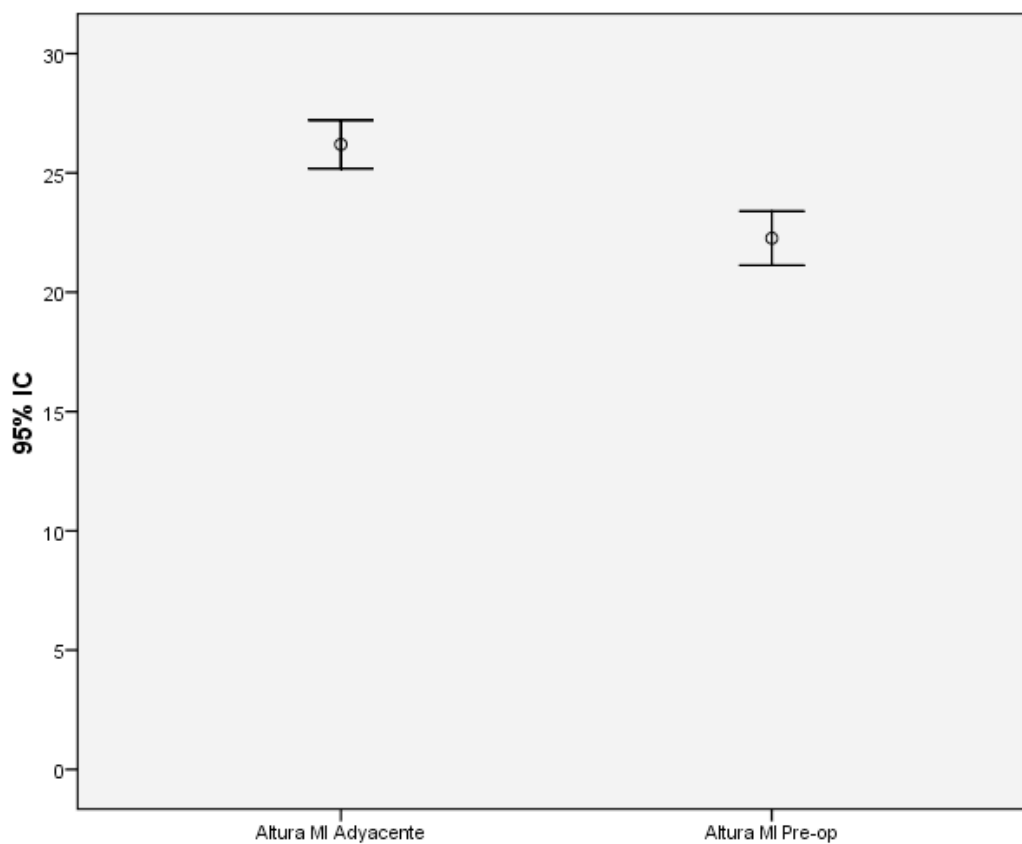


Gráfico.8. Valores altura vertebral medio izquierda preoperatorio y adyacente.

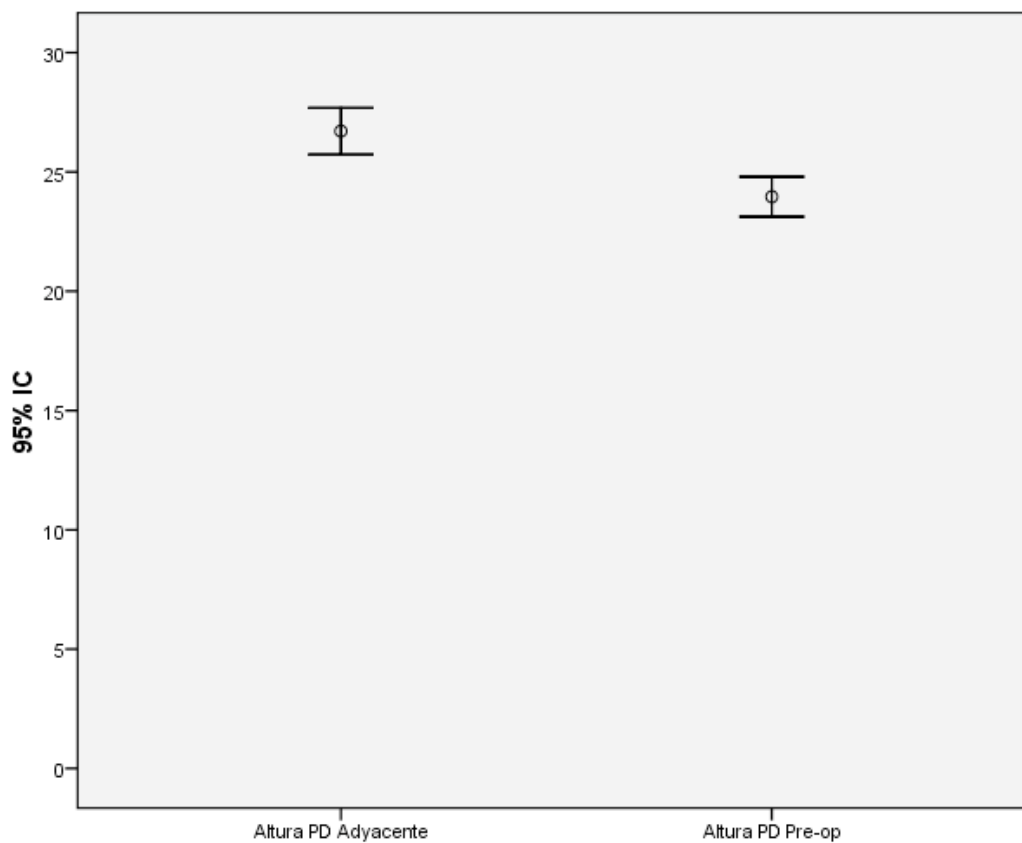


Gráfico.9. Valores altura vertebral posterior derecha preoperatorio y adyacente.

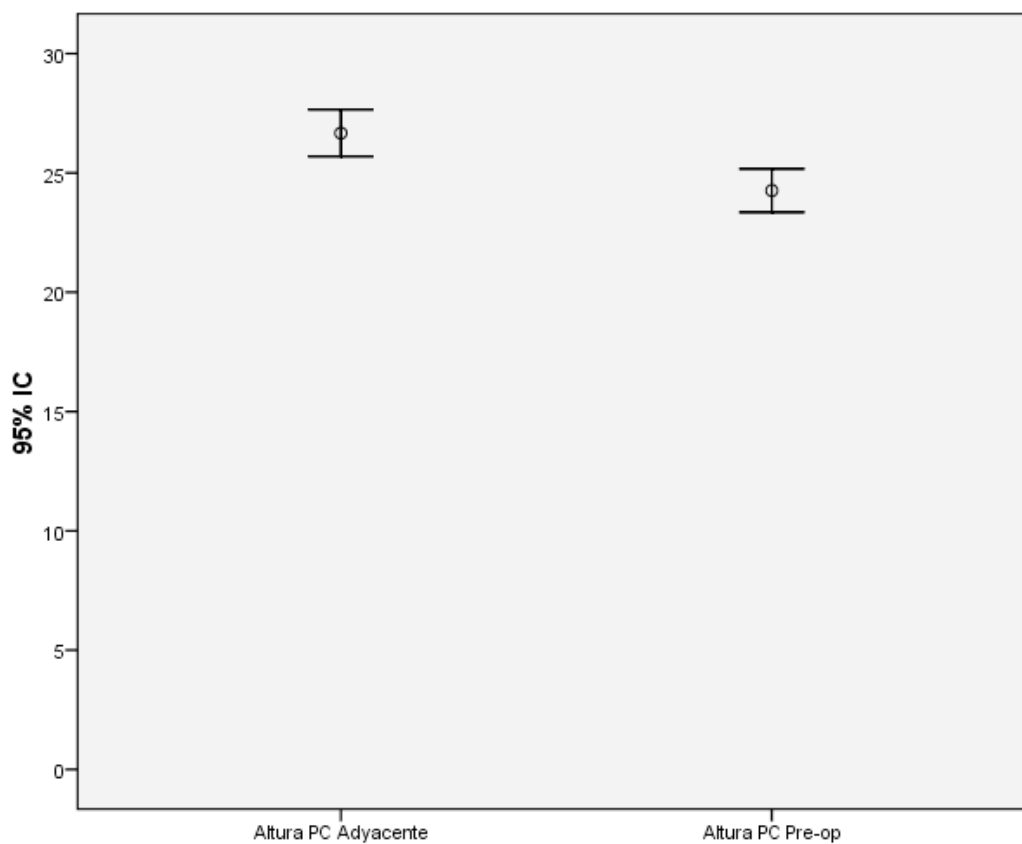


Gráfico.10. Valores altura vertebral posterior central preoperatorio y adyacente.

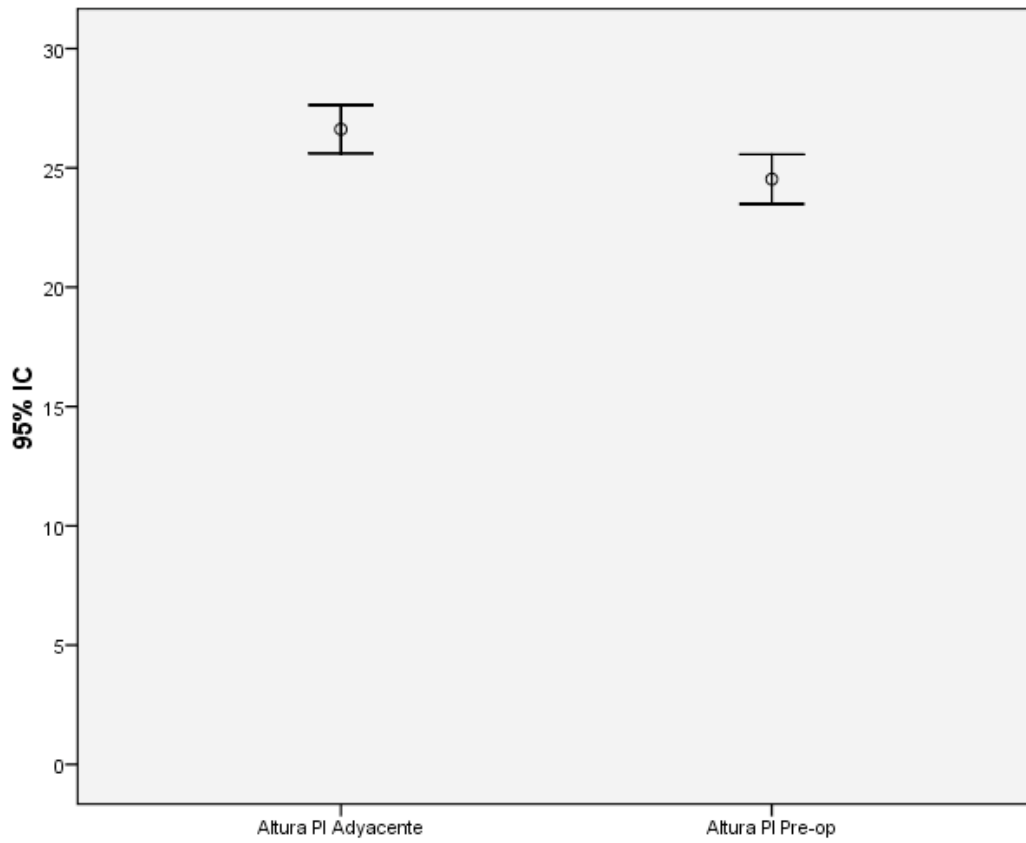


Gráfico.11. Valores altura vertebral posterior izquierda preoperatorio y adyacente.



Los valores medios de altura vertebral postoperatoria presentan incrementos con respecto a los valores previos a la intervención, en todas las mediciones realizadas, estos incrementos presentan diferencias estadísticamente significativas en todos los casos obteniéndose un p valor inferior a 0,001. (Tabla 6) (Gráficos 12-20)

		Media	Desviación típ.	Diferencias relacionadas			p-valor
				Media	95% Intervalo de confianza		
					Inferior	Superior	
Altura AD	Pre-op	19,72	2,75	-3,57	-4,52	-2,63	<0,001
	Post-op	23,29	2,71				
Altura AC	Pre-op	19,66	3,01	-3,56	-4,61	-2,51	<0,001
	Post-op	23,22	3,02				
Altura AI	Pre-op	20,24	3,34	-3,29	-4,39	-2,20	<0,001
	Post-op	23,53	3,30				
Altura MD	Pre-op	21,78	2,17	-2,60	-3,39	-1,81	<0,001
	Post-op	24,38	2,36				
Altura MC	Pre-op	21,95	2,41	-2,49	-3,31	-1,67	<0,001
	Post-op	24,43	2,50				
Altura MI	Post-op	22,26	2,86	-2,37	-3,25	-1,49	<0,001
	Pre-op	24,63	2,73				
Altura PD	Post-op	23,96	2,12	-1,47	-2,00	-0,93	<0,001
	Pre-op	25,43	2,18				
Altura PC	Post-op	24,26	2,30	-1,28	-1,83	-0,72	<0,001
	Pre-op	25,54	2,23				
Altura PI	Pre-op	24,53	2,63	-1,20	-1,83	-0,57	0,001
	Post-op	25,73	2,39				

Tabla.6.Comparación de las medias de altura preop-postop.

Estos resultados nos permiten conocer que la reducción realizada tiene una diferencia real y estadísticamente significativa sobre los parámetros principales del estudio y por lo tanto implica que las fracturas vertebrales son reducibles cuando presentan movilidad de los fragmentos al aplicar fuerzas internas y externas.

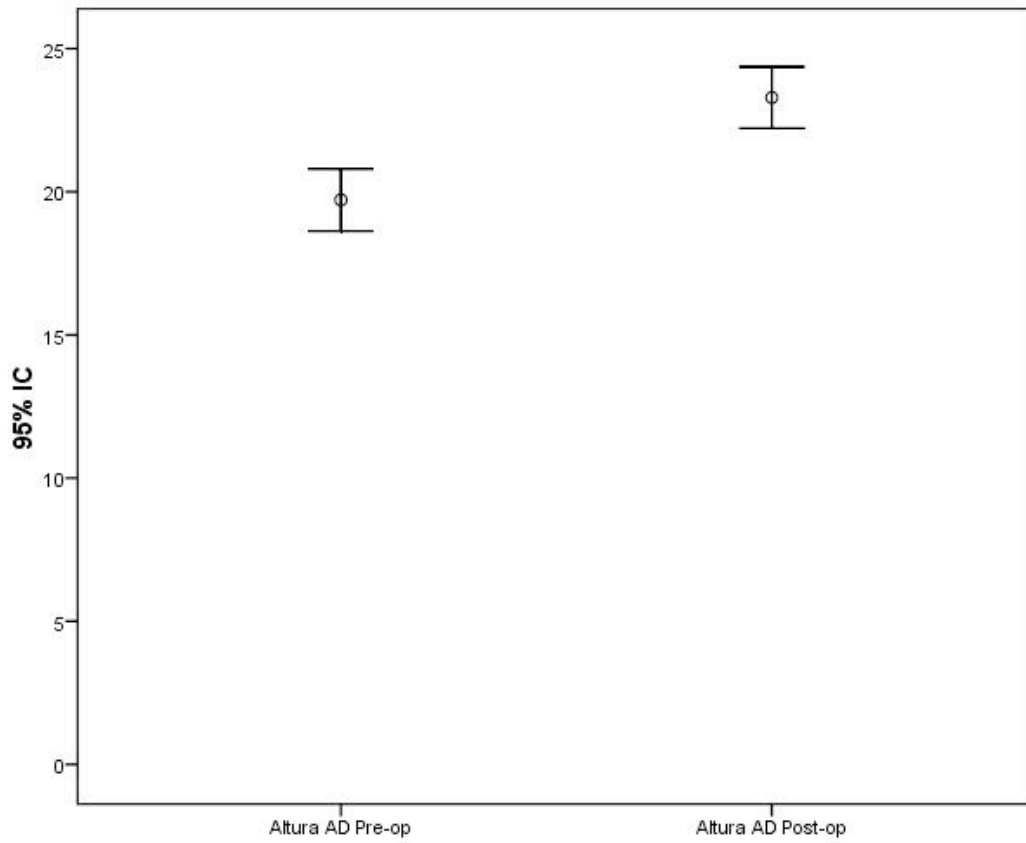


Gráfico.12. Comparación de los valores de altura vertebral en región anterior derecha entre el preoperatorio y el postoperatorio.

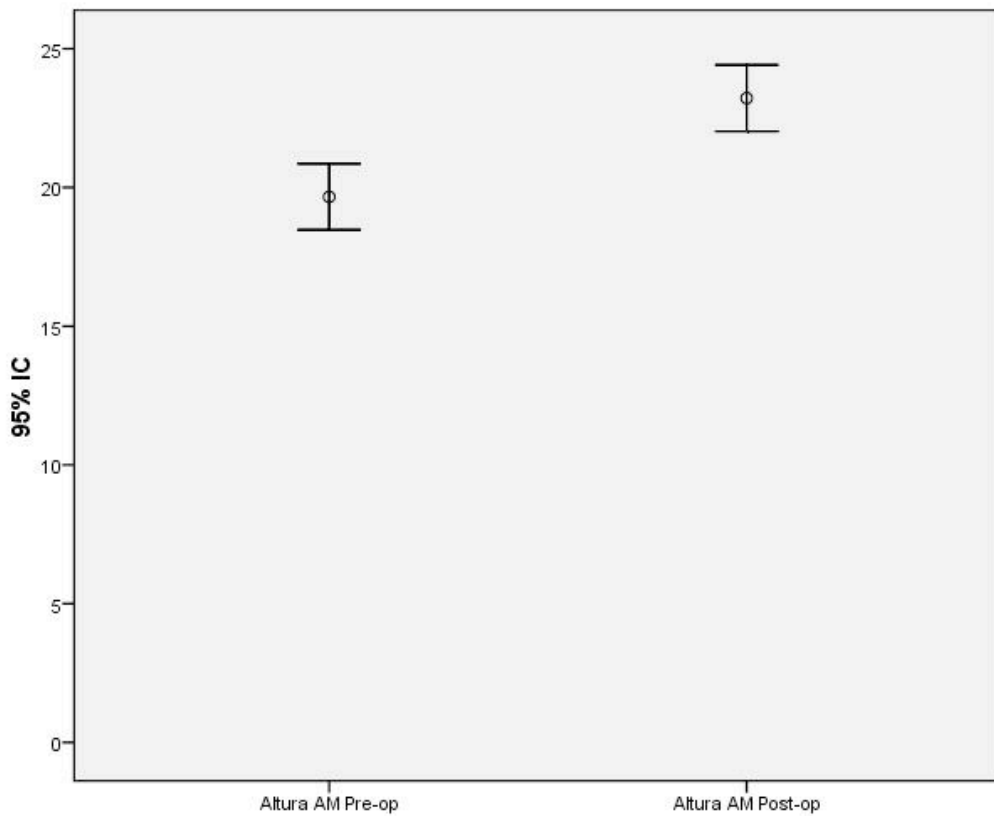


Gráfico.13. Comparación de los valores de altura vertebral en región anterior central entre el preoperatorio y el postoperatorio.

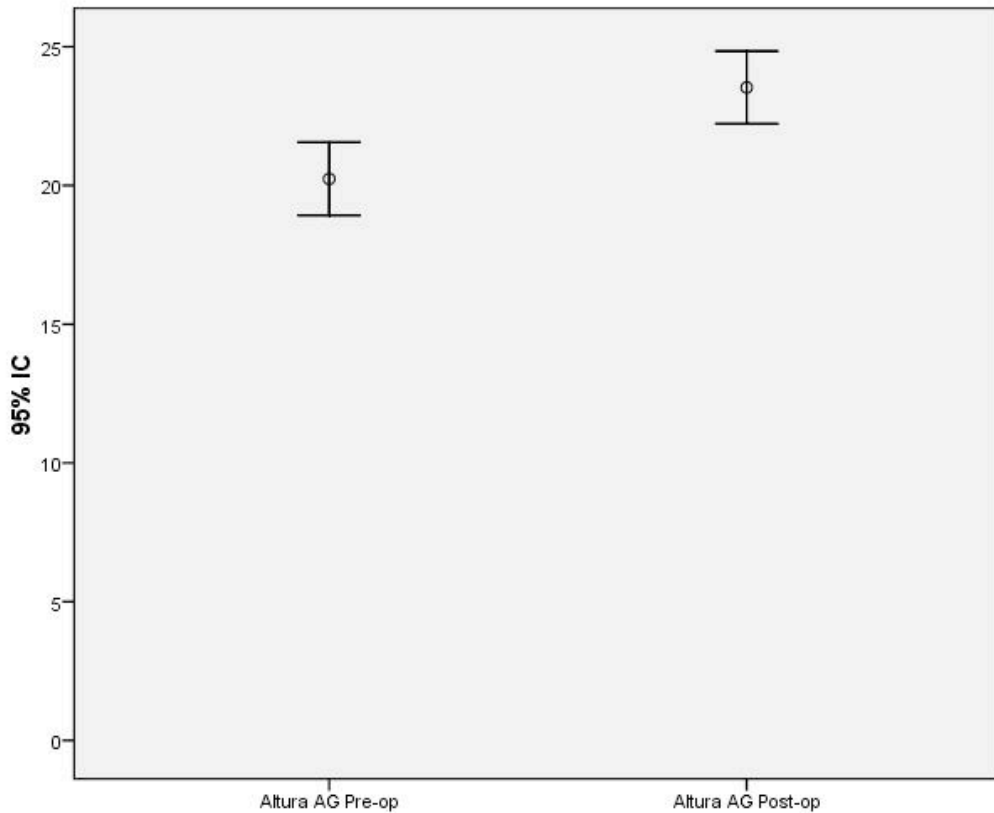


Gráfico.14. Comparación de los valores de altura vertebral en región anterior izquierda entre el preoperatorio y el postoperatorio.

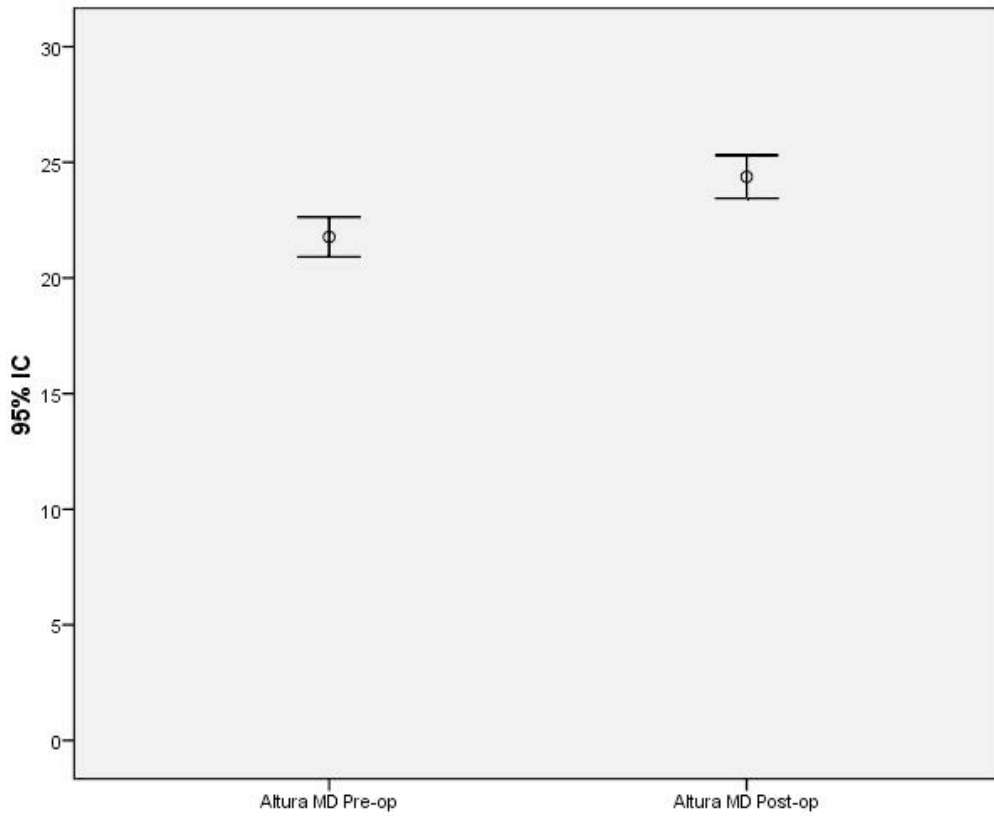


Gráfico.15. Comparación de los valores de altura vertebral en región medio derecha entre el preoperatorio y el postoperatorio.

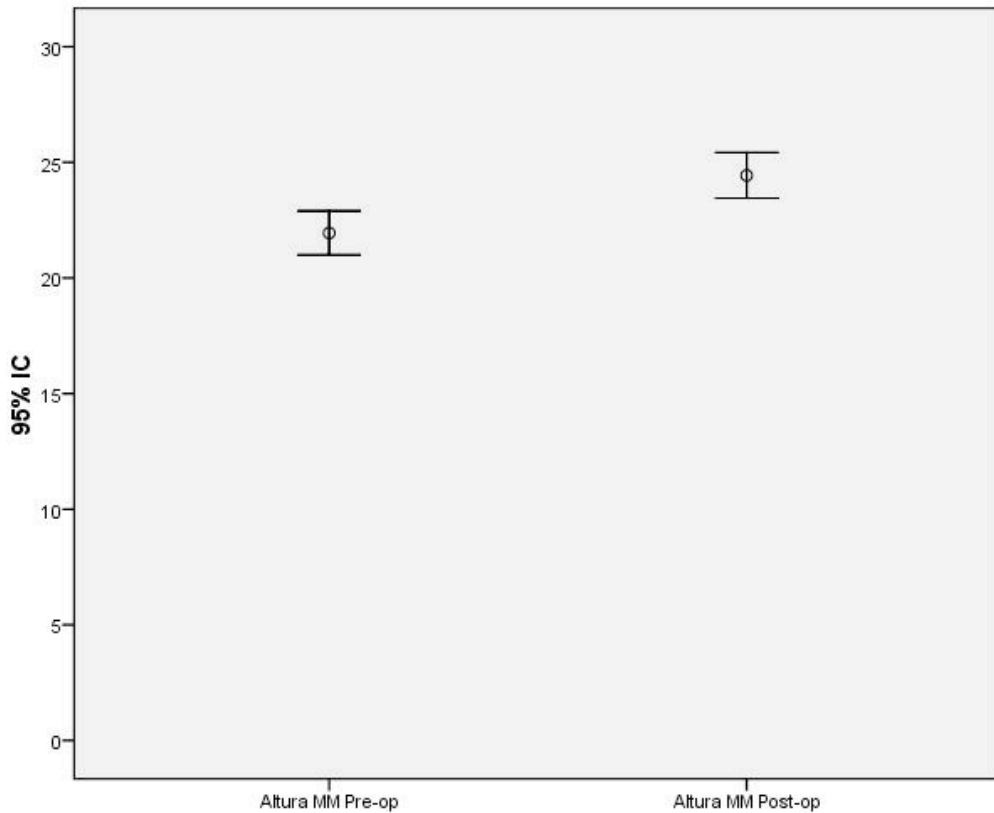


Gráfico.16. Comparación de los valores de altura vertebral en región medio central entre el preoperatorio y el postoperatorio.



Gráfico.17. Comparación de los valores de altura vertebral en región medio izquierda entre el preoperatorio y el postoperatorio.

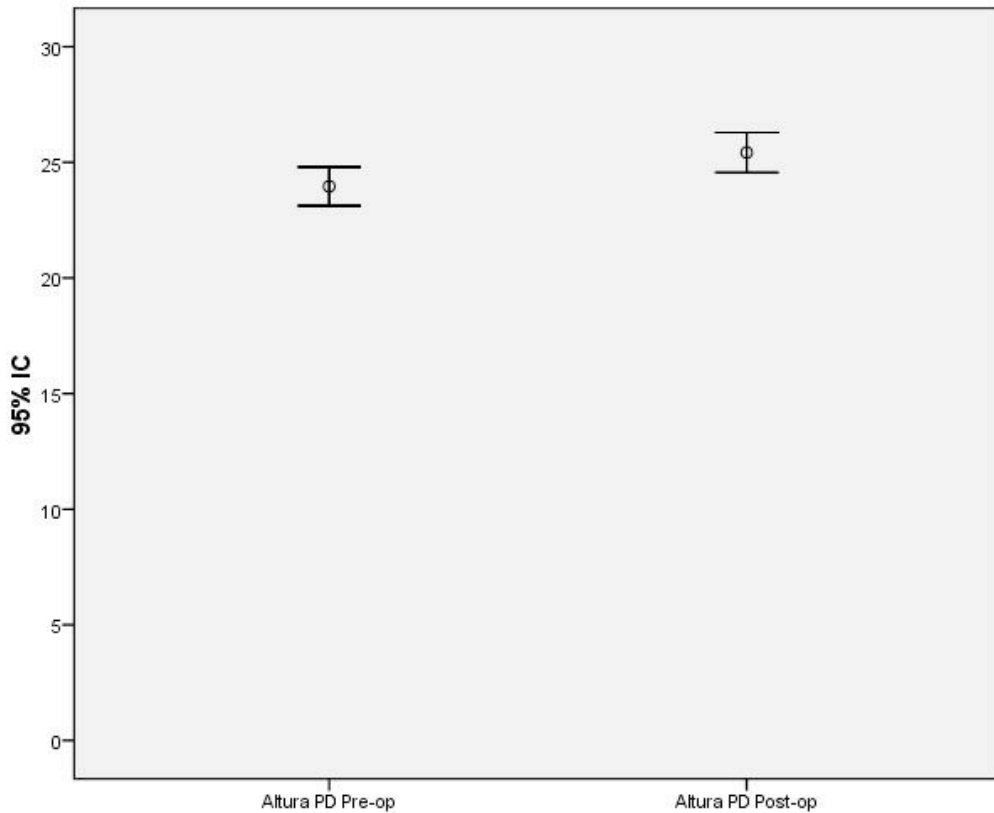


Gráfico.18. Comparación de los valores de altura vertebral en región posterior derecha entre el preoperatorio y el postoperatorio.

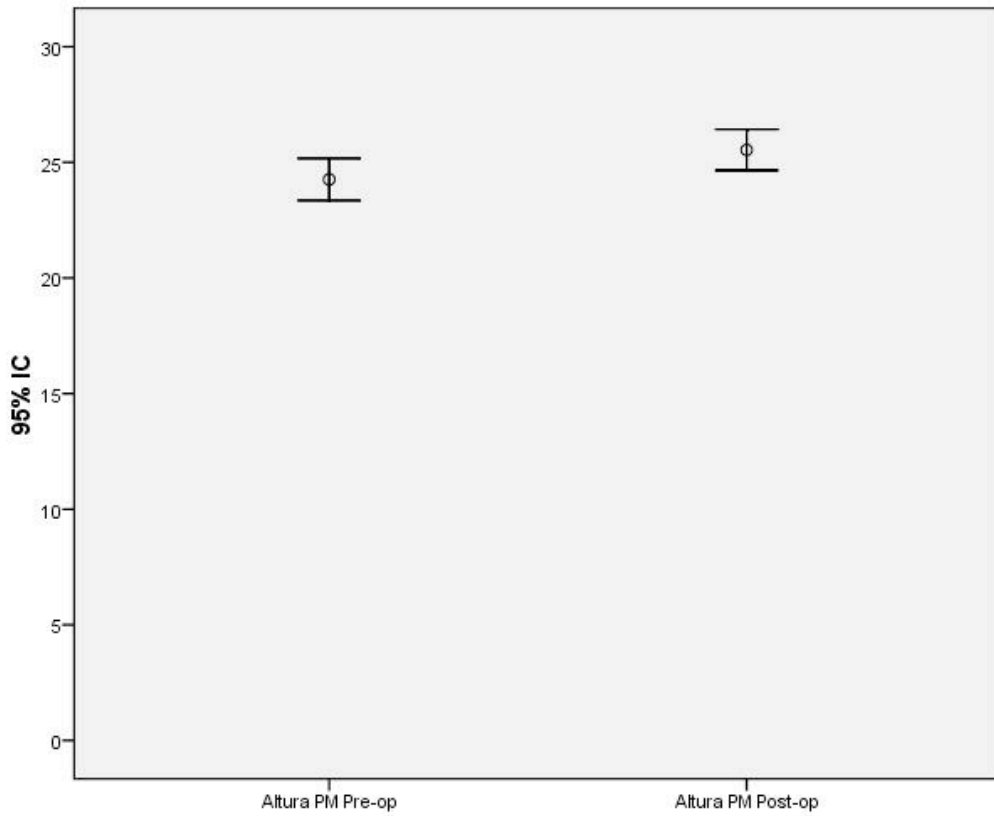


Gráfico.19. Comparación de los valores de altura vertebral en región posterior central entre el preoperatorio y el postoperatorio.

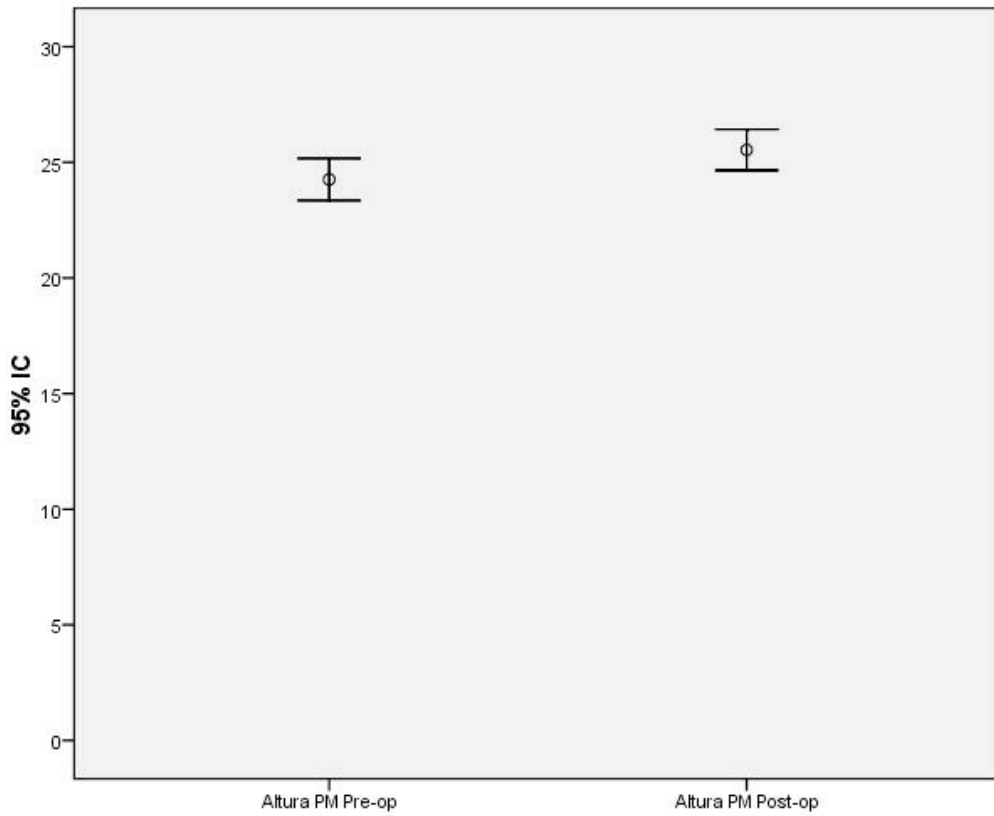


Gráfico.20. Comparación de los valores de altura vertebral en región posterior izquierda entre el preoperatorio y el postoperatorio.

En el análisis de nuestros datos entre la situación de máxima deformación vertebral (preoperatoria o vértebra fracturada), con respecto a nuestra máxima corrección (postoperatoria o vértebra restaurada), podemos realizar un análisis parcial de los datos entre estos parámetros que clínicamente no son datos anatómicos. Con el fin de poder comparar nuestros datos de máxima restauración con datos anatómicos y realizar una estimación de cuánto nos hemos aproximado a la normalidad, se ha realizado una comparación de los mismos con los datos de la vértebra adyacente con el fin de valorar la capacidad de alcanzar la restauración anatómica. (Tabla 7) (Graficos21-29)

	Grupo	Media	Desviación típica.	Diferencias relacionadas			p-valor
				Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia		
					Inferior	Superior	
Altura AD	Vértebra adyacente	25,81	2,56	2,52	1,08	3,95	0,001
	Vértebra Post	23,29	2,71				
Altura AC	Vértebra adyacente	25,74	2,56	2,52	0,99	4,05	0,002
	Vértebra Post	23,22	3,02				
Altura AI	Vértebra adyacente	25,77	2,59	2,24	0,62	3,86	0,008
	Vértebra Post	23,53	3,3				
Altura MD	Vértebra adyacente	26,26	2,5	1,88	0,55	3,21	0,006
	Vértebra Post	24,38	2,36				
Altura MC	Vértebra adyacente	26,19	2,52	1,75	0,38	3,12	0,013
	Vértebra Post	24,43	2,5				
Altura MI	Vértebra adyacente	26,2	2,57	1,56	0,12	3,01	0,034
	Vértebra Post	24,63	2,73				
Altura PD	Vértebra adyacente	26,71	2,47	1,29	0,01	2,56	0,047
	Vértebra Post	25,43	2,18				
Altura PC	Vértebra adyacente	26,67	2,49	1,13	-0,16	2,42	0,085
	Vértebra Post	25,54	2,23				
Altura PI	Vértebra adyacente	26,62	2,56	0,89	-0,46	2,24	0,192
	Vértebra Post	25,73	2,39				

Tabla.7. Comparación de las medias de altura vertebral postoperatorio-vértebra adyacente.

A la vista de los resultados, observamos que los valores medios postoperatorios presentan diferencias con respecto a los valores medios de la vértebra adyacente, siendo esta diferencia notablemente menor que con los valores preoperatorios. Estos valores presentan diferencias estadísticamente significativas,  $p < 0,05$ , en las áreas centrales y anteriores del platillo vertebral.



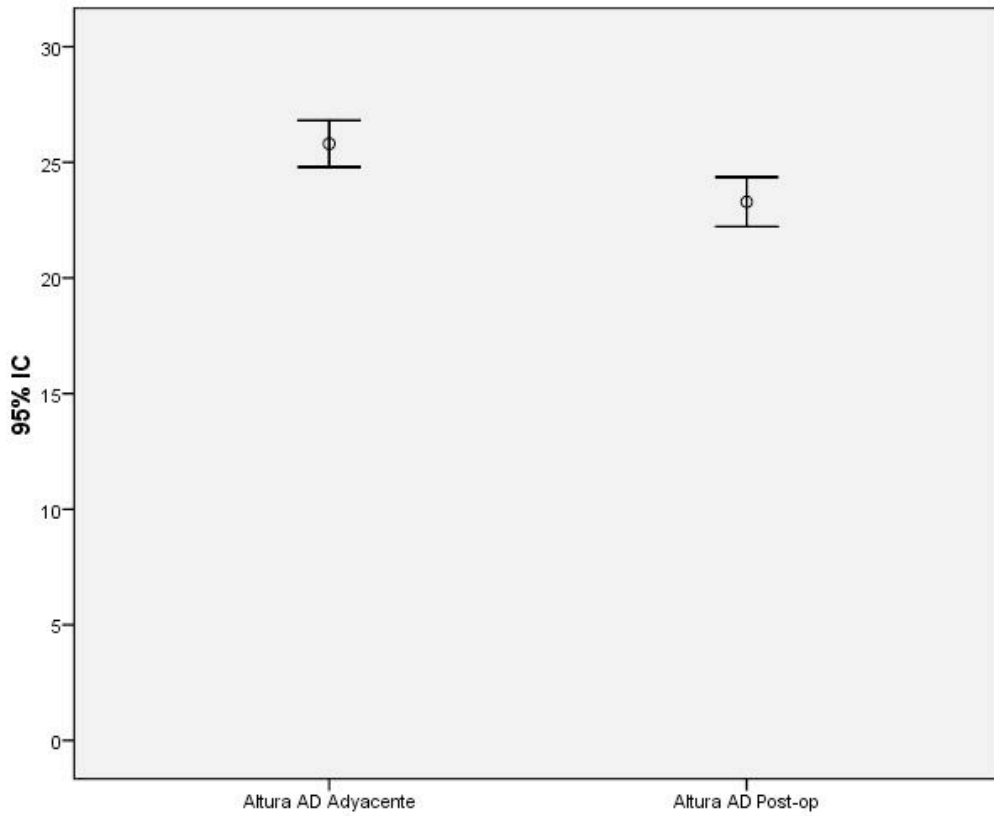


Gráfico.21. Comparación de los valores de altura vertebral en región anterior derecha entre el postoperatorio y vértebra adyacente.

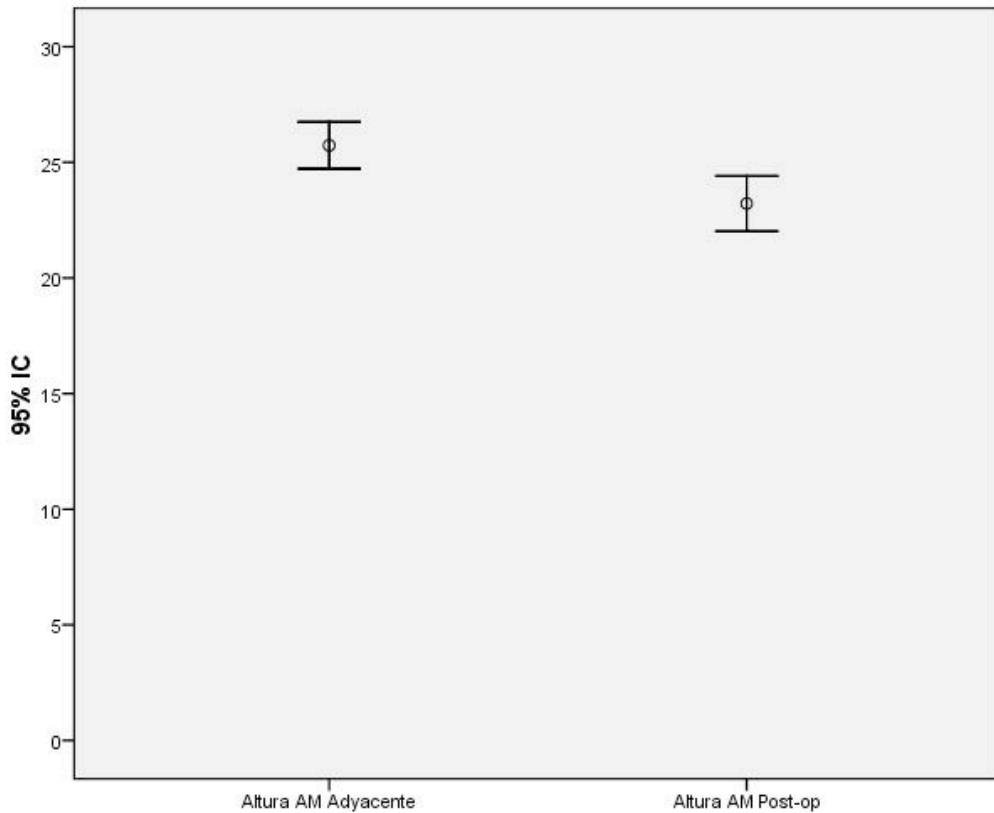


Gráfico.22. Comparación de los valores de altura vertebral en región anterior central entre el postoperatorio y vértebra adyacente.

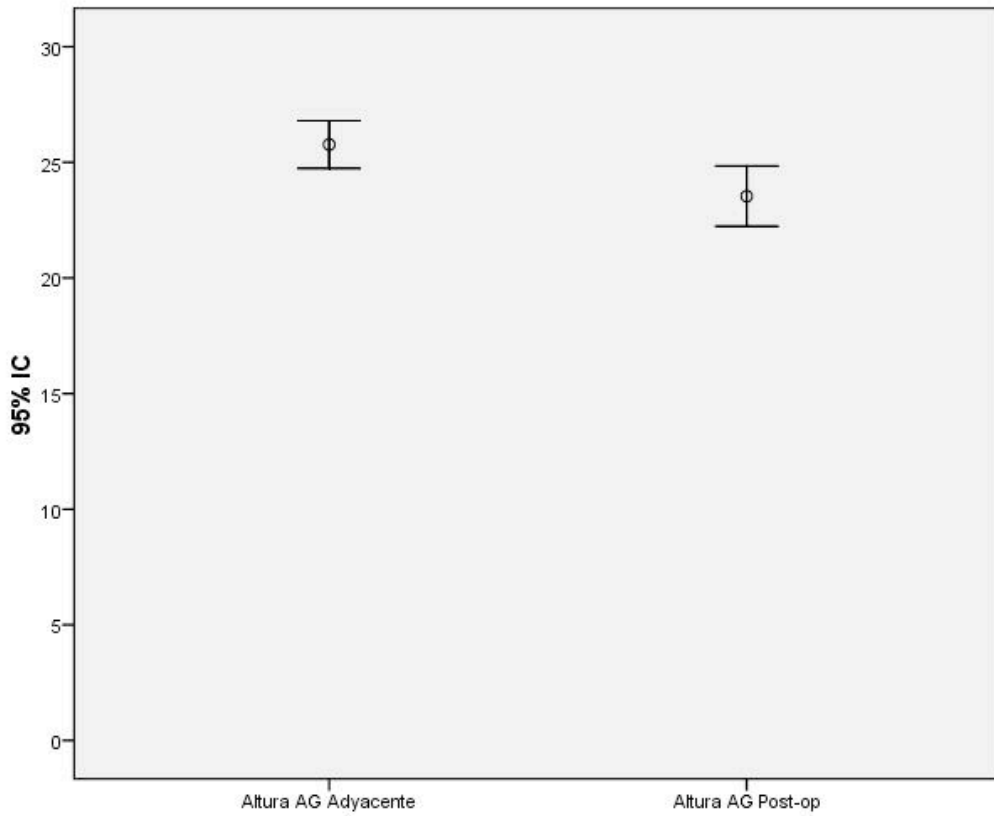


Gráfico.23. Comparación de los valores de altura vertebral en región anterior izquierda entre el postoperatorio y vértebra adyacente.

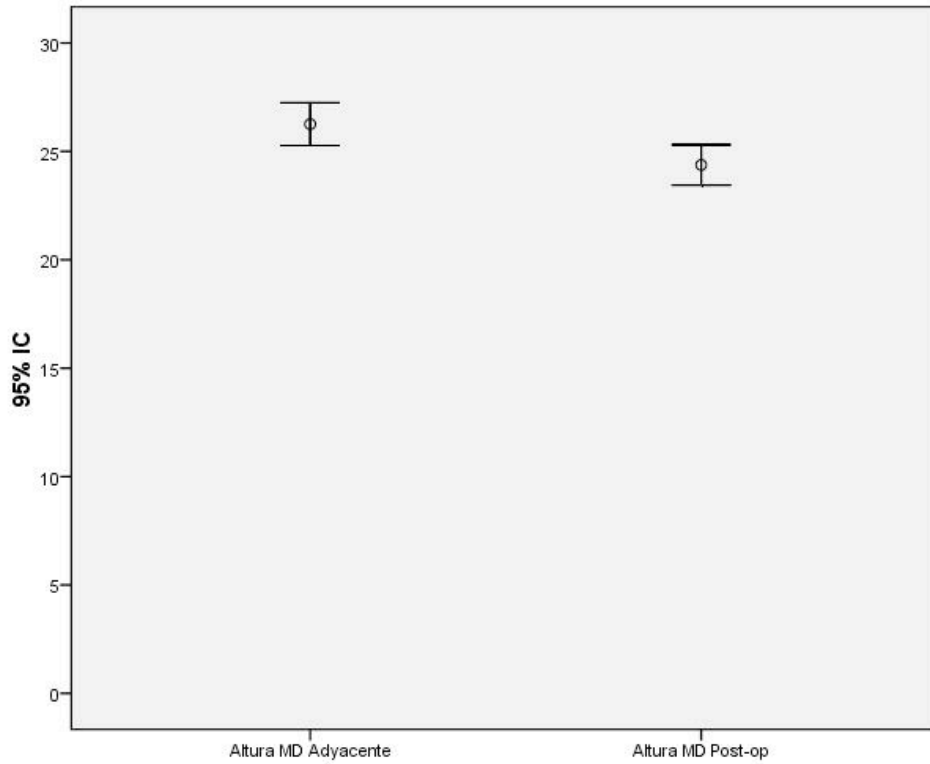


Gráfico.24. Comparación de los valores de altura vertebral en región media derecha entre el postoperatorio y vértebra adyacente.

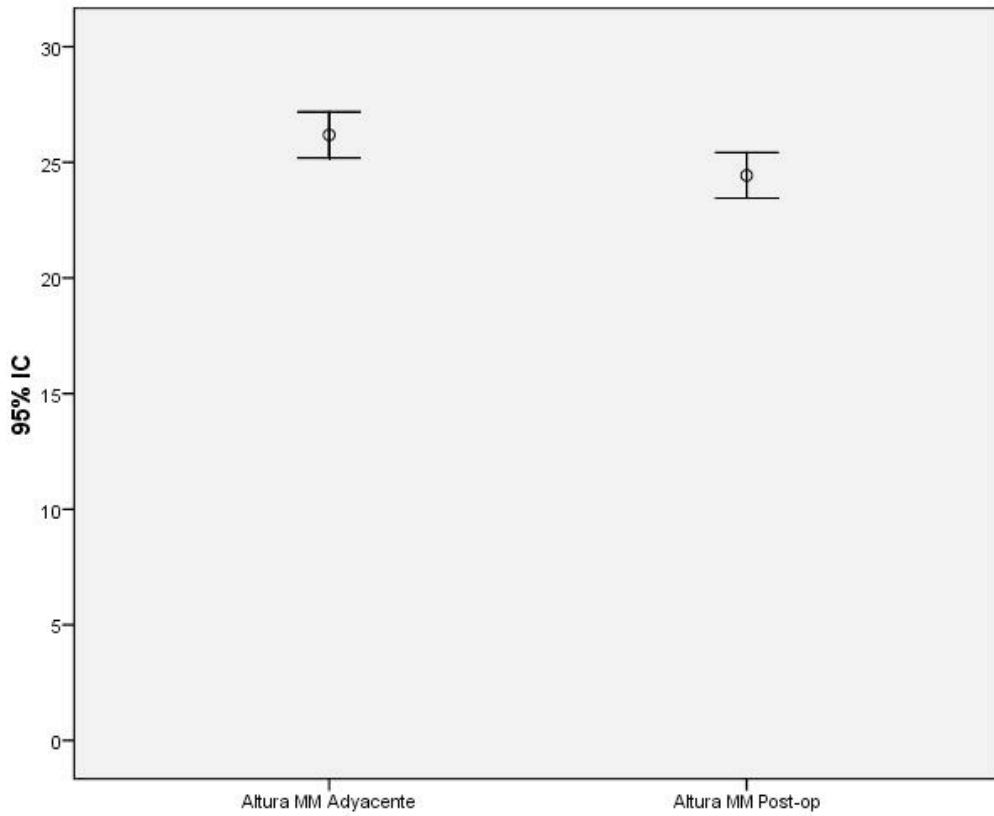


Gráfico.25. Comparación de los valores de altura vertebral en región media central entre el postoperatorio y vértebra adyacente.

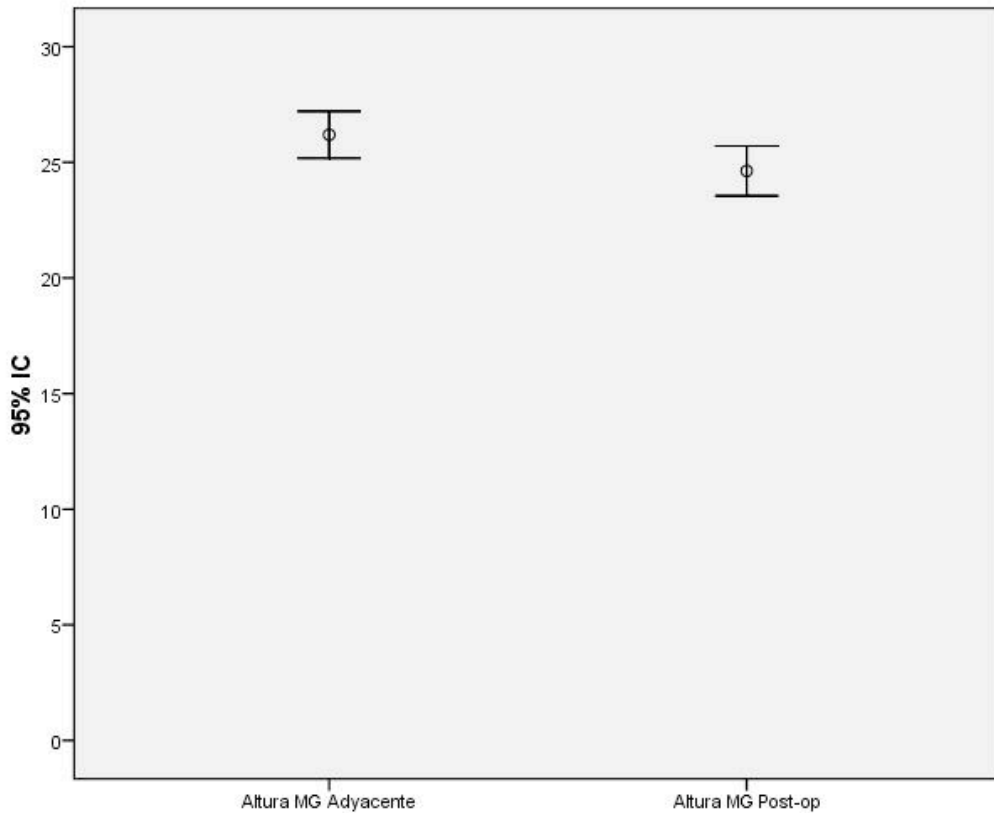


Gráfico.26. Comparación de los valores de altura vertebral en región media izquierda entre el postoperatorio y vértebra adyacente.

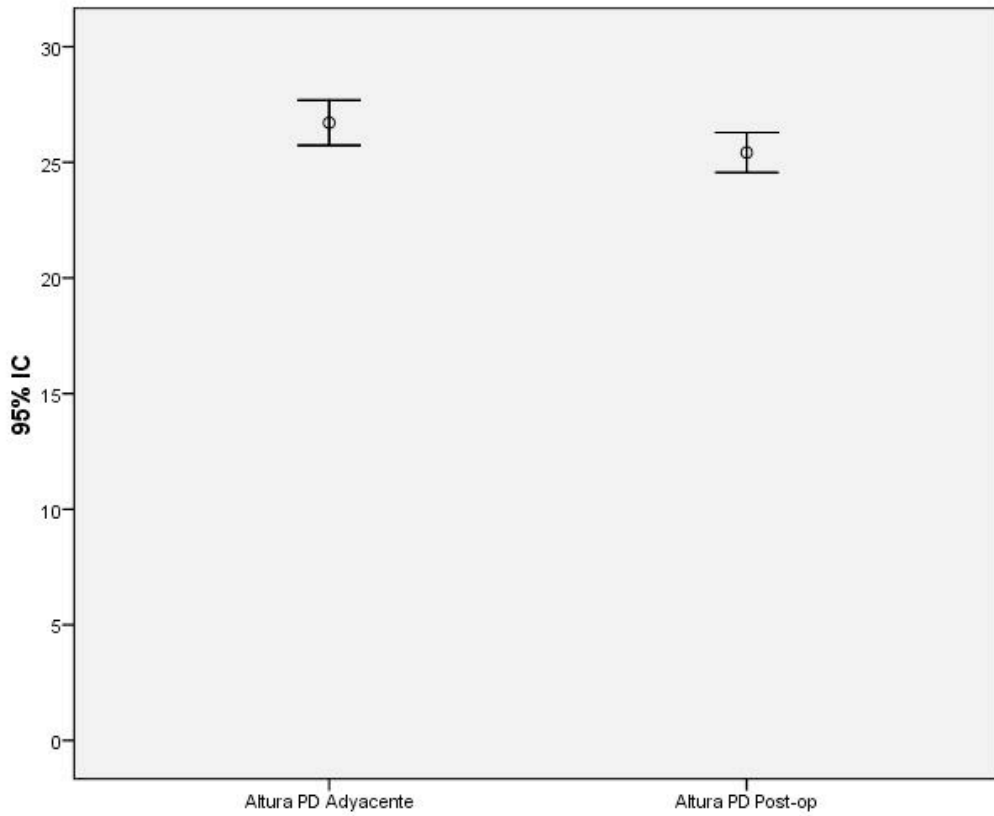


Gráfico.27. Comparación de los valores de altura vertebral en región posterior derecha entre el postoperatorio y vértebra adyacente.

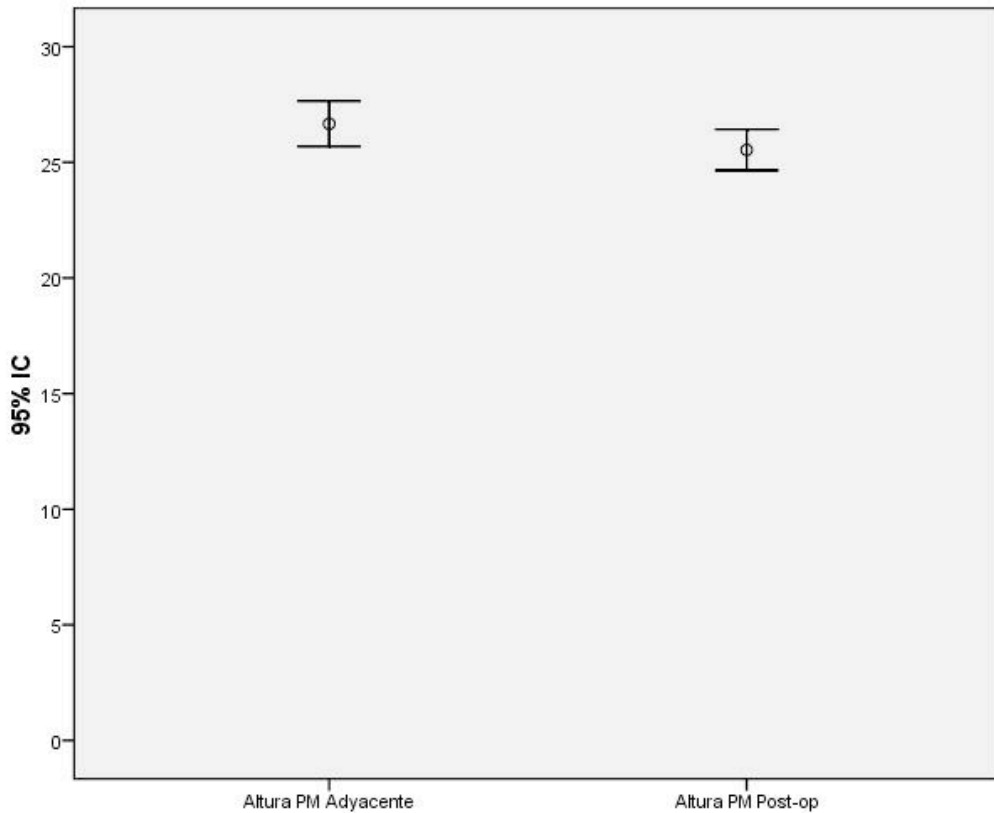


Gráfico.28. Comparación de los valores de altura vertebral en región posterior central entre el postoperatorio y vértebra adyacente.

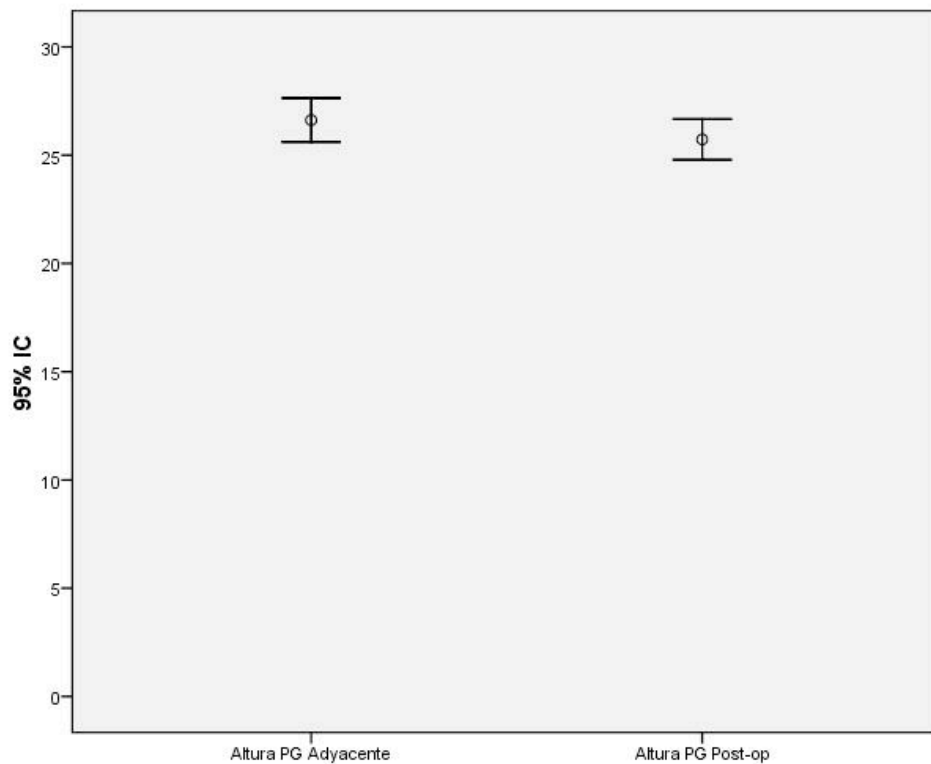


Gráfico.29.Comparación de los valores de altura vertebral en región posterior izquierda entre el postoperatorio y vértebra adyacente.

Según el análisis por sexo, no existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la distribución de las mediciones de la altura vertebral preoperatoria, postoperatoria y de la vértebra adyacente. (Tablas 8-10)

Vértebra adyacente	Grupos	Media	Desviación típica.	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia		p-valor
					Inferior	Superior	
Altura AD	Hombres	26,63	2,74	1,49	-0,5	3,48	0,135
	Mujeres	25,14	2,28				
Altura AC	Hombres	26,54	2,74	1,45	-0,55	3,44	0,148
	Mujeres	25,09	2,3				
Altura AI	Hombres	26,61	2,73	1,5	-0,51	3,52	0,137
	Mujeres	25,1	2,35				
Altura MD	Hombres	27,19	2,6	1,68	-0,23	3,6	0,083
	Mujeres	25,51	2,23				
Altura MC	Hombres	27,12	2,57	1,69	-0,24	3,61	0,084
	Mujeres	25,44	2,29				
Altura MI	Hombres	27,15	2,6	1,71	-0,25	3,68	0,085
	Mujeres	25,44	2,35				
Altura PD	Hombres	27,82	2,41	1,99	0,16	3,82	0,034
	Mujeres	25,83	2,2				
Altura PC	Hombres	27,76	2,42	1,96	0,11	3,81	0,039
	Mujeres	25,8	2,25				
Altura PI	Hombres	27,72	2,47	1,98	0,06	3,9	0,044
	Mujeres	25,74	2,35				

Tabla.8. Distribución de alturas vertebral por sexos en vértebra adyacente.

Preoperatorio	Grupos	Media	Desviación típica.	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia		p-valor
					Inferior	Superior	
Altura AD	Hombres	20,37	3,44	1,17	-1,19	3,54	0,31
	Mujeres	19,19	2,02				
Altura AC	Hombres	20,51	3,58	1,53	-0,83	3,9	0,193
	Mujeres	18,98	2,37				
Altura AI	Hombres	21,13	3,65	1,61	-1,02	4,25	0,219
	Mujeres	19,52	3				
Altura MD	Hombres	22,1	2,65	0,58	-1,16	2,33	0,497
	Mujeres	21,52	1,75				
Altura MC	Hombres	22,44	2,75	0,89	-1,04	2,81	0,352
	Mujeres	21,55	2,11				
Altura MI	Hombres	22,92	3,12	1,19	-1,08	3,46	0,292
	Mujeres	21,74	2,61				
Altura PD	Hombres	24,61	2,36	1,16	-0,5	2,82	0,162
	Mujeres	23,44	1,83				
Altura PC	Hombres	24,97	2,56	1,27	-0,53	3,07	0,158
	Mujeres	23,7	1,99				
Altura PI	Hombres	25,25	2,86	1,3	-0,77	3,38	0,208
	Mujeres	23,95	2,38				

Tabla.9. Distribución de alturas vertebral por sexos en preoperatorio.

Postoperatorio	Grupos	Media	Desviación típica.	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia		p-valor
					Inferior	Superior	
Altura AD	Hombres	24,41	2,97	2,01	-0,03	4,05	0,053
	Mujeres	22,4	2,18				
Altura AC	Hombres	24,6	2,89	2,48	0,24	4,71	0,031
	Mujeres	22,12	2,73				
Altura AI	Hombres	25	2,91	2,64	0,18	5,09	0,036
	Mujeres	22,36	3,2				
Altura MD	Hombres	25,17	2,71	1,43	-0,39	3,26	0,119
	Mujeres	23,74	1,88				
Altura MC	Hombres	25,43	2,74	1,8	-0,1	3,69	0,062
	Mujeres	23,64	2,04				
Altura MI	Hombres	25,77	2,72	2,04	-0,01	4,09	0,051
	Mujeres	23,72	2,45				
Altura PD	Hombres	26,08	2,47	1,17	-0,54	2,87	0,17
	Mujeres	24,91	1,83				
Altura PC	Hombres	26,34	2,43	1,44	-0,28	3,15	0,098
	Mujeres	24,9	1,91				
Altura PI	Hombres	26,62	2,44	1,61	-0,21	3,44	0,081
	Mujeres	25,01	2,16				

Tabla.10. Distribución de alturas vertebral por sexos en postoperatorio.

Al analizar las diferencias de los valores preoperatorios con los postoperatorios en el grupo de hombres, existe una mejoría en todos los valores analizados de la superficie vertebral, siendo estadísticamente significativos los incrementos de altura vertebral en todas las áreas del platillo vertebral. En el grupo de mujeres existe igualmente una mejoría de los valores en todos los puntos de la superficie vertebral, siendo todos estos incrementos significativos en toda la superficie del platillo vertebral. (Tabla 11) (Gráficos 30-38)



Grupos	Medida	Momento	Media	Desviación típica.	Media	95% Intervalo de confianza para la diferencia		p-valor
						Inferior	Superior	
HOMBRES	Altura AD	Pre-op	20,37	3,44	-4,04	-5,83	-2,24	<0,001
		Post-op	24,41	2,97				
	Altura AC	Pre-op	20,51	3,58	-4,08	-5,99	-2,17	0,001
		Post-op	24,60	2,89				
	Altura AI	Pre-op	21,13	3,65	-3,86	-5,80	-1,93	0,001
		Post-op	25,00	2,91				
	Altura MD	Pre-op	22,10	2,65	-3,07	-4,70	-1,44	0,002
		Post-op	25,17	2,71				
	Altura MC	Pre-op	22,44	2,75	-3,00	-4,59	-1,40	0,002
		Post-op	25,43	2,74				
	Altura MI	Pre-op	22,92	3,12	-2,84	-4,59	-1,10	0,004
		Post-op	25,77	2,72				
Altura PD	Pre-op	24,61	2,36	-1,47	-2,54	-0,40	0,012	
	Post-op	26,08	2,47					
Altura PC	Pre-op	24,97	2,56	-1,37	-2,44	-0,30	0,017	
	Post-op	26,34	2,43					
Altura PI	Pre-op	25,25	2,86	-1,37	-2,59	-0,14	0,032	
	Post-op	26,62	2,44					
MUJERES	Altura AD	Pre-op	19,19	2,02	-3,20	-4,31	-2,09	<0,001
		Post-op	22,40	2,18				
	Altura AC	Pre-op	18,98	2,37	-3,14	-4,45	-1,82	<0,001
		Post-op	22,12	2,73				
	Altura AI	Pre-op	19,52	3,00	-2,84	-4,24	-1,44	0,001
		Post-op	22,36	3,20				
	Altura MD	Pre-op	21,52	1,75	-2,22	-2,99	-1,46	<0,001
		Post-op	23,74	1,88				
	Altura MC	Pre-op	21,55	2,11	-2,09	-2,98	-1,19	<0,001
		Post-op	23,64	2,04				
	Altura MI	Pre-op	21,74	2,61	-1,99	-2,94	-1,04	0,001
		Post-op	23,72	2,45				
Altura PD	Pre-op	23,44	1,83	-1,46	-2,07	-0,86	<0,001	
	Post-op	24,91	1,83					
Altura PC	Pre-op	23,70	1,99	-1,21	-1,86	-0,55	0,002	
	Post-op	24,90	1,91					
Altura PI	Pre-op	23,95	2,38	-1,06	-1,79	-0,33	0,008	
	Post-op	25,01	2,16					

Tabla.11.Comparación de los valores de altura vertebral preoperatoria y postoperatoria en función de la distribución por sexos.

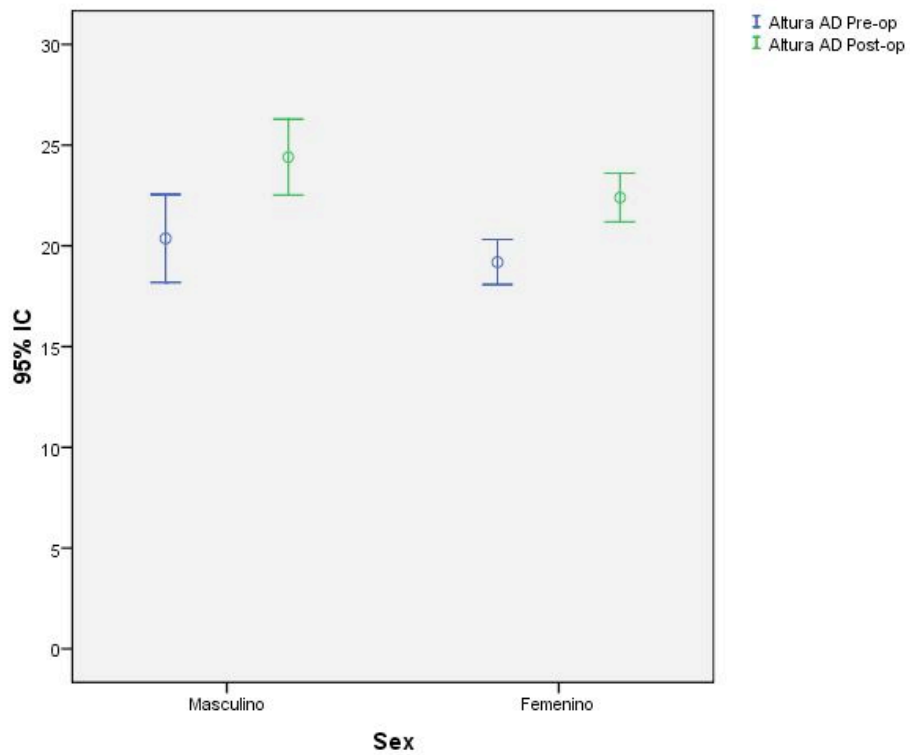


Gráfico.30. Valores de altura preoperatorio y postoperatorio por sexos en región anterior derecha.

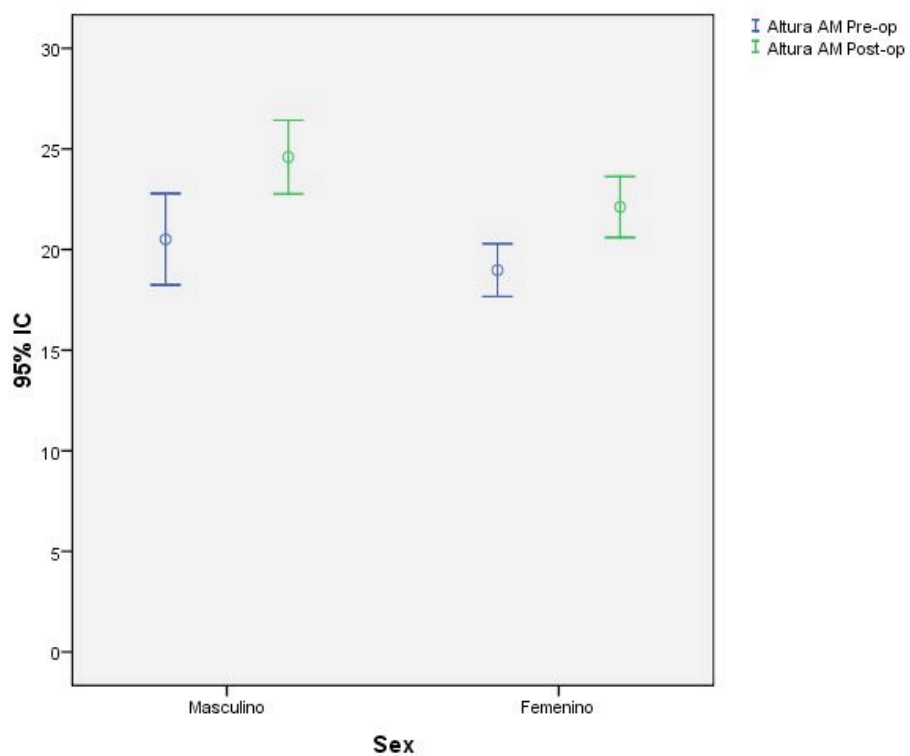


Gráfico.31. Valores de altura preoperatorio y postoperatorio por sexos en región anterior central.

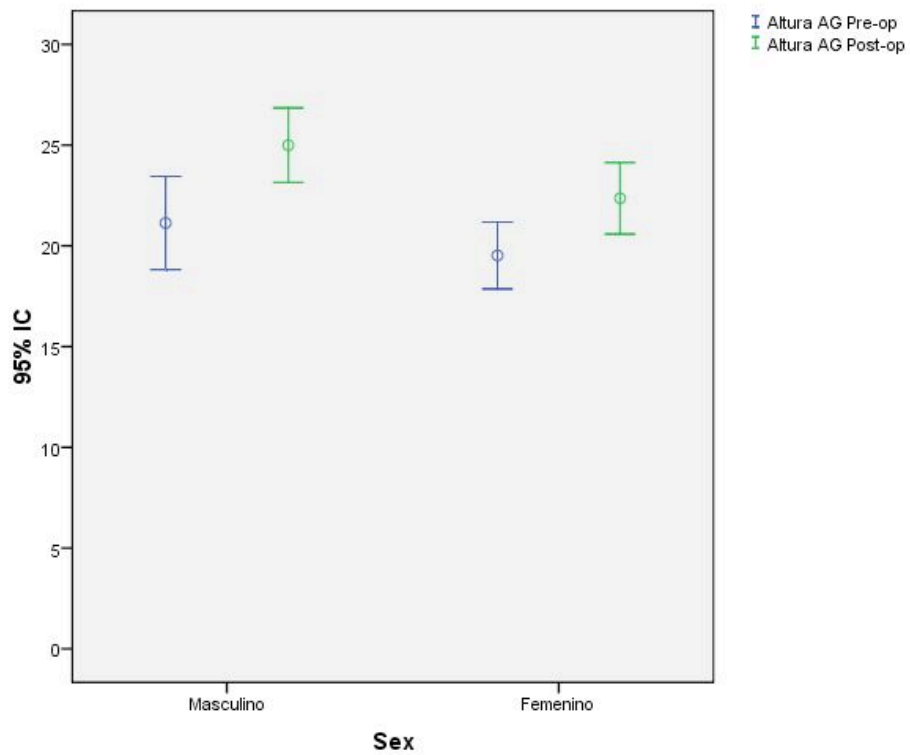


Gráfico.32. Valores de altura preoperatorio y postoperatorio por sexos en región anterior izquierda.

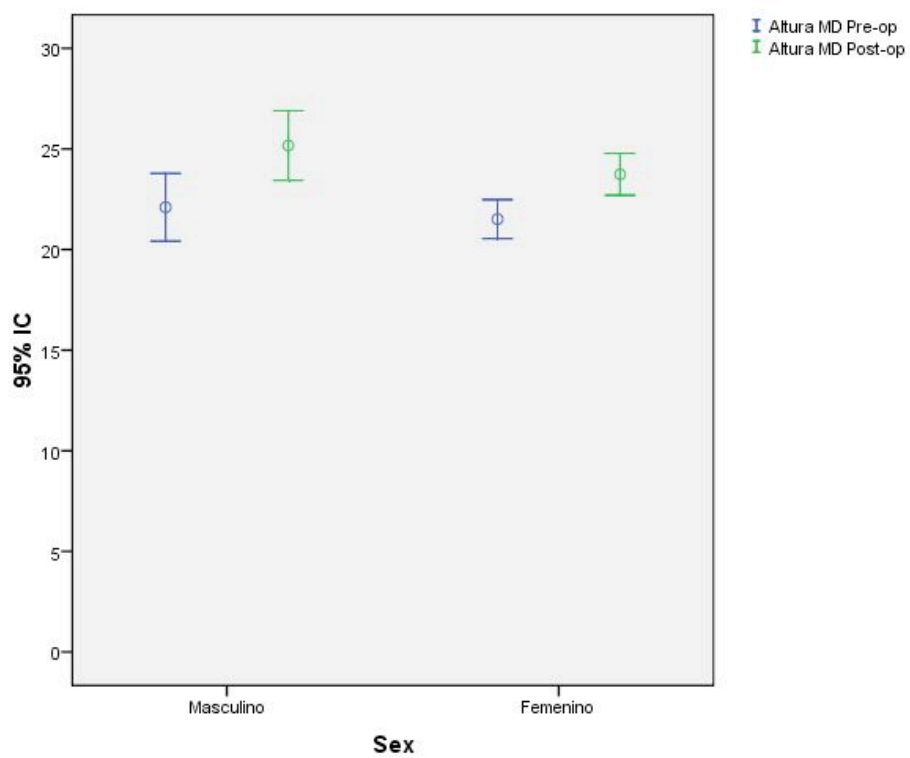


Gráfico.33. Valores de altura preoperatorio y postoperatorio por sexos en región central derecha.

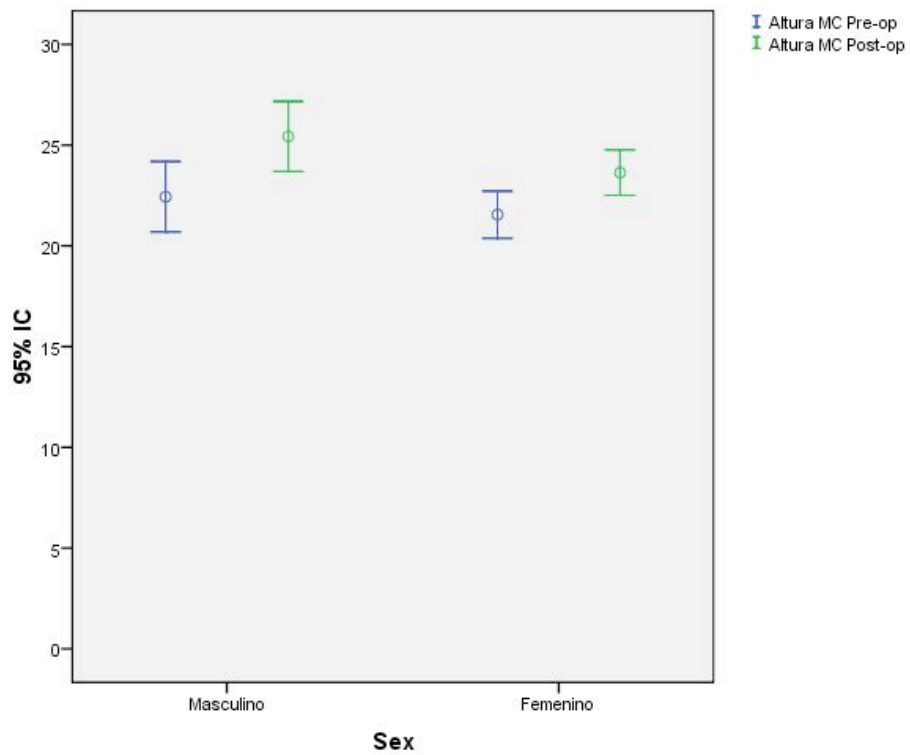


Gráfico.34. Valores de altura preoperatorio y postoperatorio por sexos en región medio central.

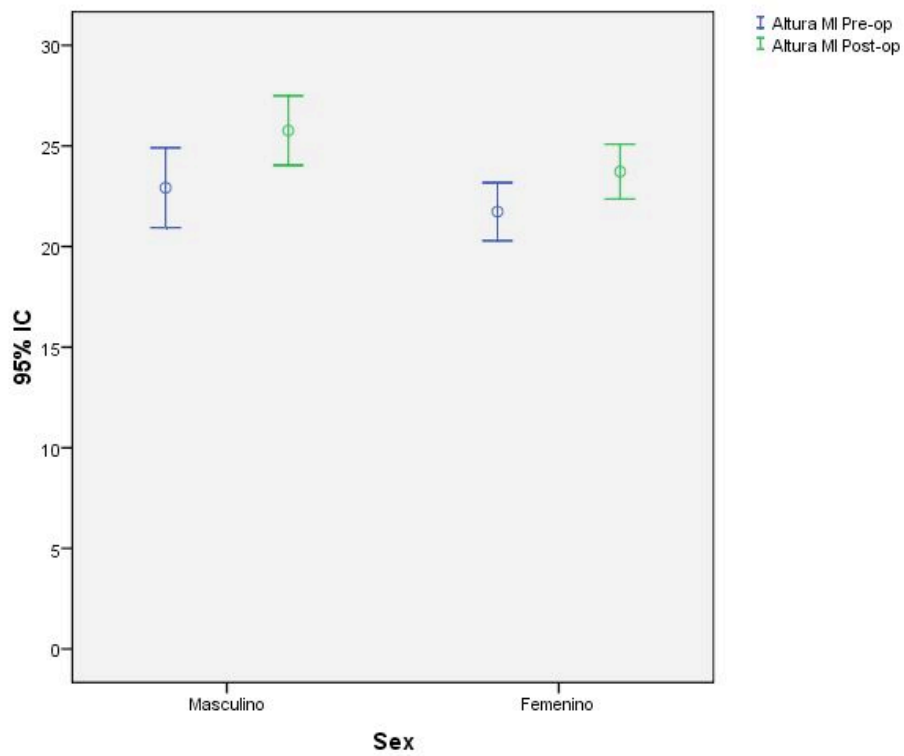


Gráfico.35. Valores de altura preoperatorio y postoperatorio por sexos en región medio izquierda.

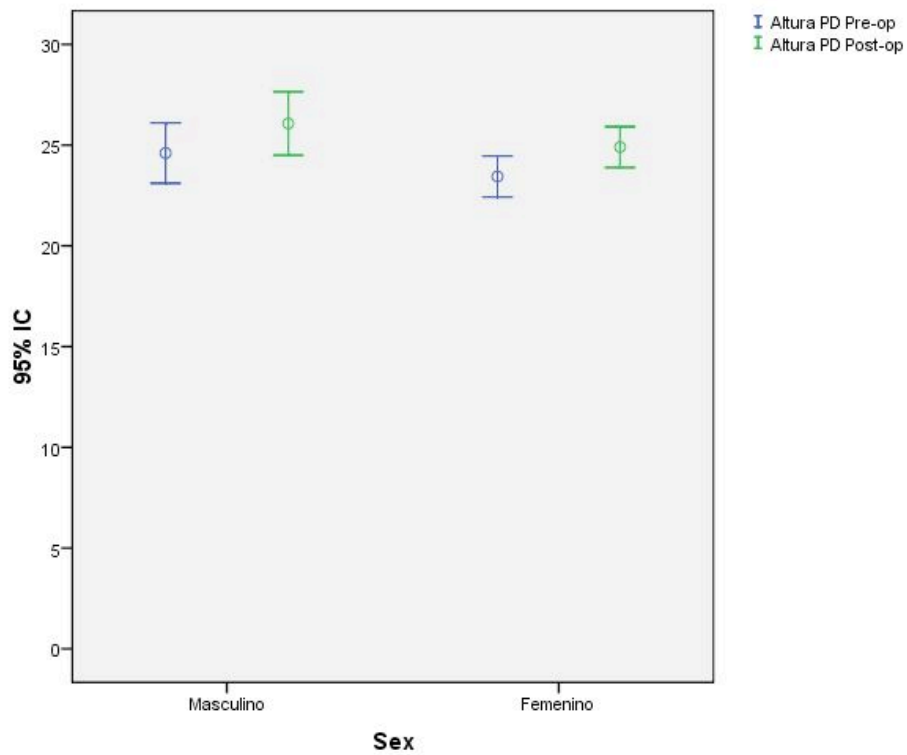


Gráfico.36. Valores de altura preoperatorio y postoperatorio por sexos en región posterior derecha.

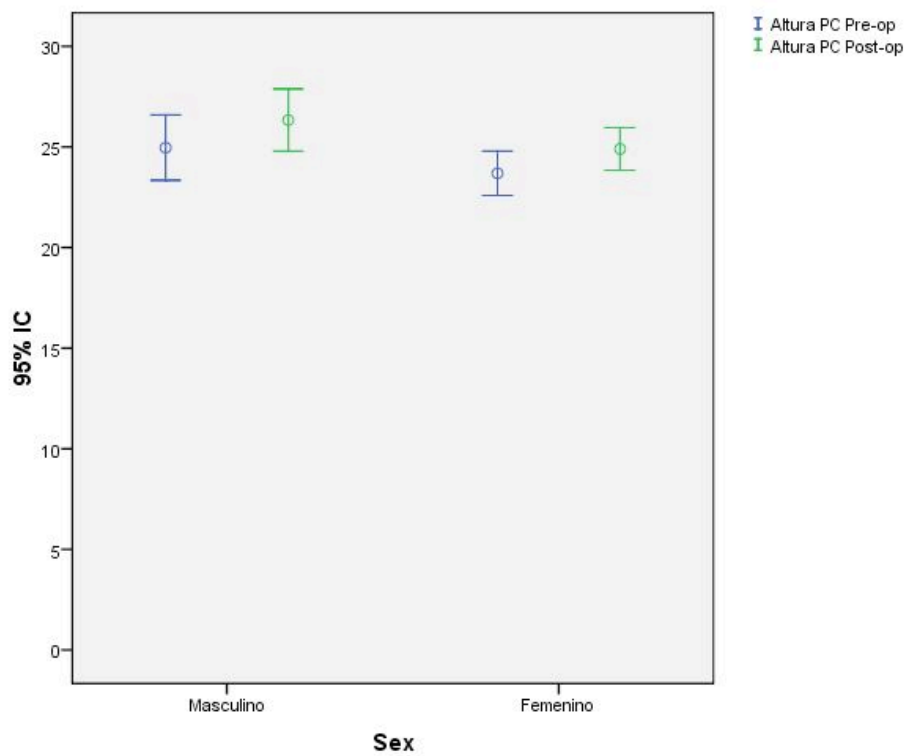


Gráfico.37. Valores de altura preoperatorio y postoperatorio por sexos en región posterior central.

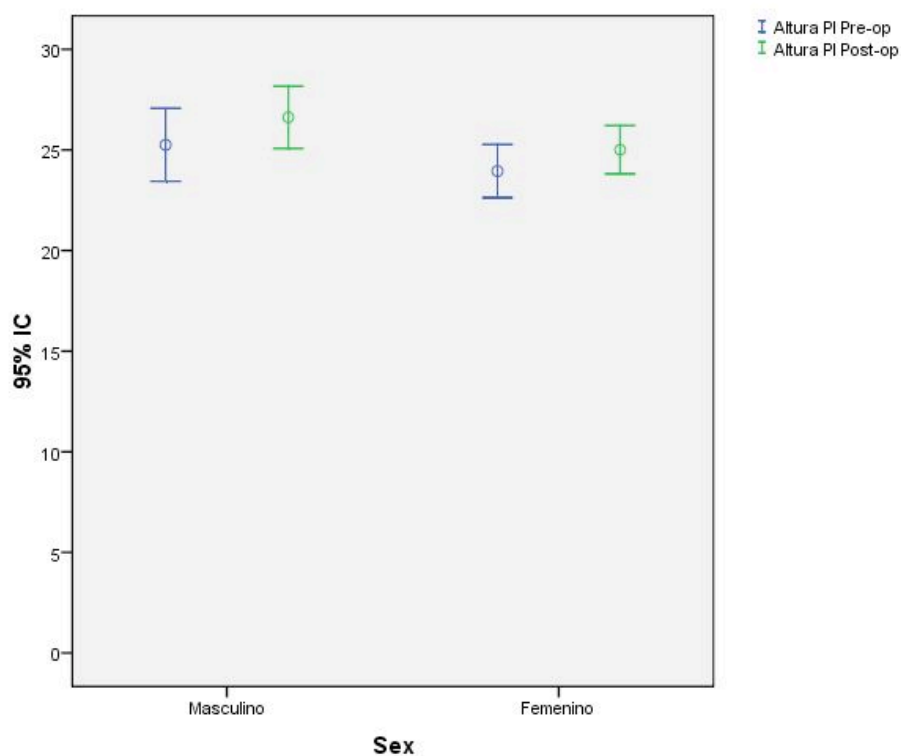


Gráfico.38. Valores de altura preoperatorio y postoperatorio por sexos en región posterior izquierda.

Al analizar la vértebra fracturada una vez reducida, con la anatomía normal de la adyacente, en el grupo de hombres vemos que existe un déficit de altura con respecto a la normalidad anatómica. Estas diferencias, aunque estadísticamente significativas, son menores que en la comparación con la situación prequirúrgica. Las diferencias con respecto previo a la intervención varían entre 3-6,3mm, después de la cirugía este rango se reduce a 1-2mm. Los valores de aproximación a la anatomía normal son significativos en todas las áreas del platillo. (Tablas 12,13)(Gráficos 39-47)

En el grupo de mujeres el comportamiento de los valores de la superficie del platillo vertebral mejoran de forma notable y reducen el diferencial existente con

la anatomía normal incluso en mayor medida que en el caso de los hombres, siendo las diferencias significativas en todas las áreas de la superficie con respecto a la Anatomía normal. (Gráficos 39-47)

En la comparación preoperatoria-adyacente las diferencias varían entre 2-6,1mm, después de la cirugía dichas diferencias varían entre 1-2,9mm. (Tablas 12,13)

Grupo	Medida	Momento	Media	Desviación típica.	Diferencias			p-valor
					Media	95% Intervalo de confianza		
						Inferior	Superior	
Masculino	Altura AD	Adyacente	26,63	2,74	6,27	4,51	8,02	<0,001
		Pre-op	20,37	3,44				
	Altura AC	Adyacente	26,54	2,74	6,03	4,27	7,78	<0,001
		Pre-op	20,51	3,58				
	Altura AI	Adyacente	26,61	2,73	5,47	3,64	7,30	<0,001
		Pre-op	21,13	3,65				
	Altura MD	Adyacente	27,19	2,60	5,09	3,59	6,59	<0,001
		Pre-op	22,10	2,65				
	Altura MC	Adyacente	27,12	2,57	4,69	3,31	6,07	<0,001
		Pre-op	22,44	2,75				
	Altura MI	Adyacente	27,15	2,60	4,22	2,59	5,86	<0,001
		Pre-op	22,92	3,12				
	Altura PD	Adyacente	27,82	2,41	3,21	2,04	4,38	<0,001
		Pre-op	24,61	2,36				
	Altura PC	Adyacente	27,76	2,42	2,79	1,65	3,94	<0,001
		Pre-op	24,97	2,56				
	Altura PI	Adyacente	27,72	2,47	2,47	1,10	3,83	<0,001
		Pre-op	25,25	2,86				
Femenino	Altura AD	Adyacente	25,14	2,28	5,95	5,02	6,88	<0,001
		Pre-op	19,19	2,02				
	Altura AC	Adyacente	25,09	2,30	6,11	5,25	6,98	<0,001
		Pre-op	18,98	2,37				
	Altura AI	Adyacente	25,10	2,35	5,58	4,44	6,72	<0,001
		Pre-op	19,52	3,00				
	Altura MD	Adyacente	25,51	2,23	3,99	2,97	5,02	<0,001
		Pre-op	21,52	1,75				
	Altura MC	Adyacente	25,44	2,29	3,89	2,95	4,82	<0,001
		Pre-op	21,55	2,11				
	Altura MI	Adyacente	25,44	2,35	3,70	2,61	4,79	<0,001
		Pre-op	21,74	2,61				
	Altura PD	Adyacente	25,83	2,20	2,38	1,24	3,53	<0,001
		Pre-op	23,44	1,83				
	Altura PC	Adyacente	25,80	2,25	2,10	1,06	3,15	<0,001
		Pre-op	23,70	1,99				
	Altura PI	Adyacente	25,74	2,35	1,79	0,70	2,88	<0,001
		Pre-op	23,95	2,38				

Tabla.12. Diferencias de altura preoperatorio vértebra adyacente por sexos.



Grupos		Comparación	Media	Desviación típica.	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia		p-valor
						Inferior	Superior	
Hombres	AD	Adyacente	26,63	2,74	2,23	0,94	3,51	0,003
		Postoperatorio	24,41	2,97				
	AM	Adyacente	26,54	2,74	1,94	0,69	3,19	0,006
		Postoperatorio	24,60	2,89				
	AI	Adyacente	26,61	2,73	1,61	0,46	2,75	0,010
		Postoperatorio	25,00	2,91				
	MD	Adyacente	27,19	2,60	2,02	1,13	2,91	<0,001
		Postoperatorio	25,17	2,71				
	MI	Adyacente	27,12	2,57	1,69	0,87	2,51	0,001
		Postoperatorio	25,43	2,74				
	MI	Adyacente	27,15	2,60	1,38	0,65	2,12	0,002
		Postoperatorio	25,77	2,72				
PD	Adyacente	27,82	2,41	1,74	0,99	2,50	<0,001	
	Postoperatorio	26,08	2,47					
PM	Adyacente	27,76	2,42	1,42	0,75	2,10	0,001	
	Postoperatorio	26,34	2,43					
PI	Adyacente	27,72	2,47	1,10	0,47	1,72	0,003	
	Postoperatorio	26,62	2,44					
Mujeres	AD	Adyacente	25,14	2,28	2,75	1,58	3,92	<0,001
		Postoperatorio	22,40	2,18				
	AM	Adyacente	25,09	2,30	2,97	1,55	4,40	0,001
		Postoperatorio	22,12	2,73				
	AI	Adyacente	25,10	2,35	2,74	1,08	4,40	0,003
		Postoperatorio	22,36	3,20				
	MD	Adyacente	25,51	2,23	1,77	0,86	2,68	0,001
		Postoperatorio	23,74	1,88				
	MI	Adyacente	25,44	2,29	1,80	0,84	2,76	0,001
		Postoperatorio	23,64	2,04				
	MI	Adyacente	25,44	2,35	1,71	0,56	2,86	0,007
		Postoperatorio	23,72	2,45				
PD	Adyacente	25,83	2,20	0,92	-0,07	1,91	0,067	
	Postoperatorio	24,91	1,83					
PM	Adyacente	25,80	2,25	0,90	0,00	1,80	0,051	
	Postoperatorio	24,90	1,91					
PI	Adyacente	25,74	2,35	0,73	-0,25	1,71	0,134	
	Postoperatorio	25,01	2,16					

Tabla.13. Comparación de las medias de altura vertebral postoperatoria con la vértebra adyacente por sexos.

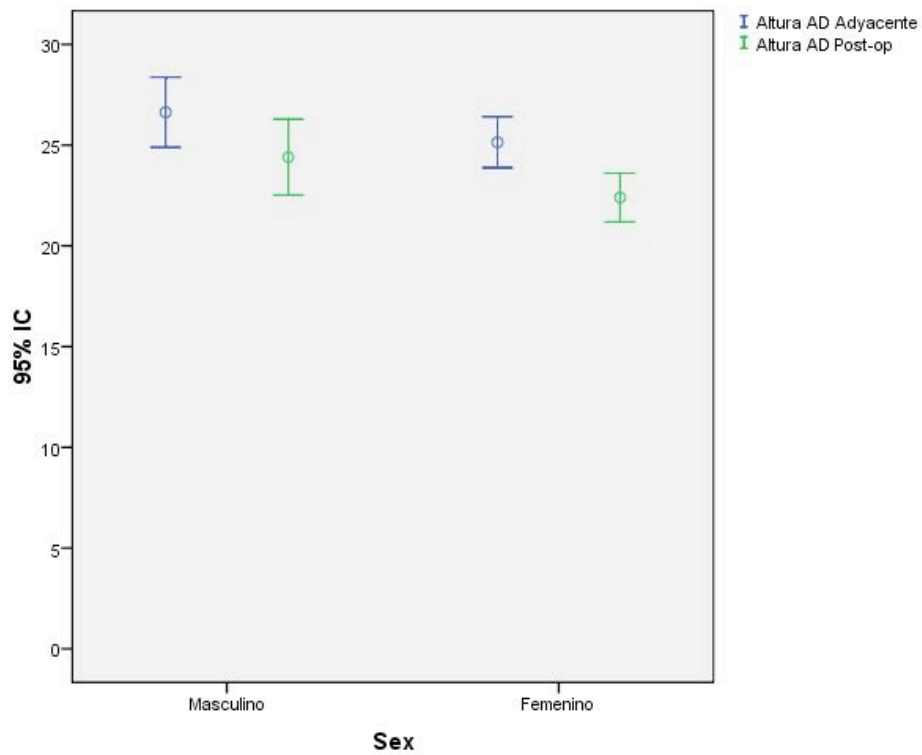


Gráfico.39. Comparación de las medias de altura vertebral anterior derecha postoperatoria con la adyacente por sexos.

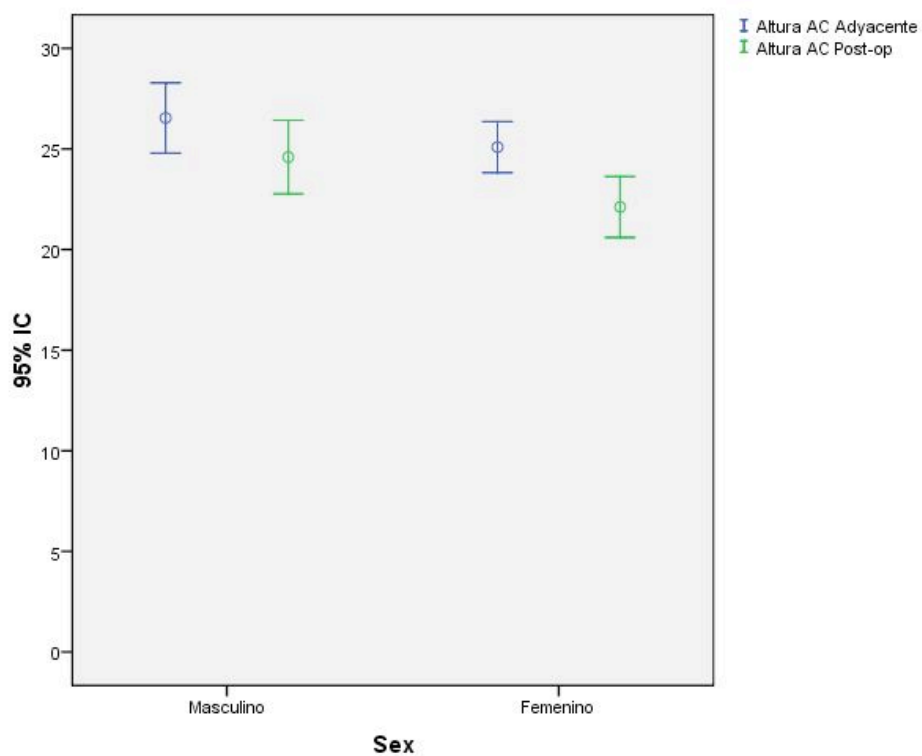


Gráfico.40. Comparación de las medias de altura vertebral anterior central postoperatoria con la adyacente por sexos.

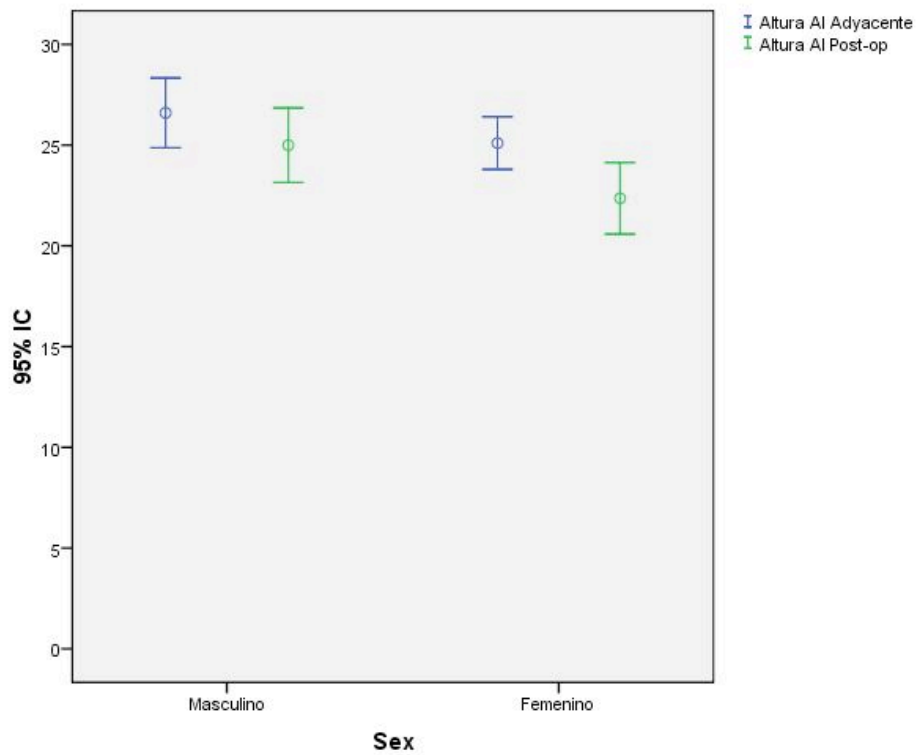


Gráfico.41. Comparación de las medias de altura vertebral anterior izquierda postoperatoria con la adyacente por sexos.

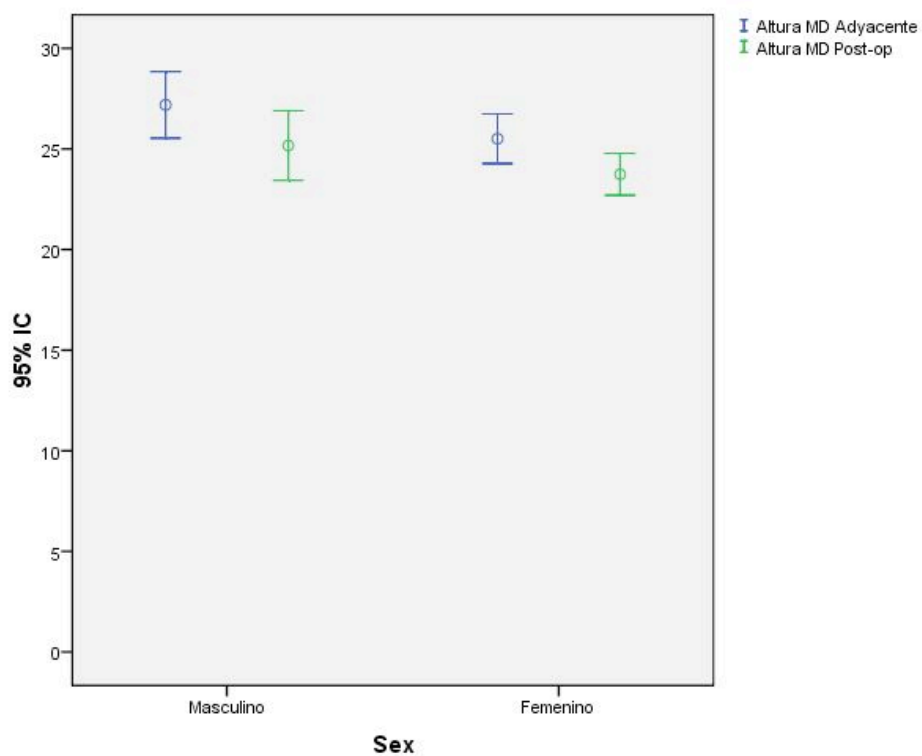


Gráfico.42. Comparación de las medias de altura vertebral media derecha postoperatoria con la adyacente por sexos.

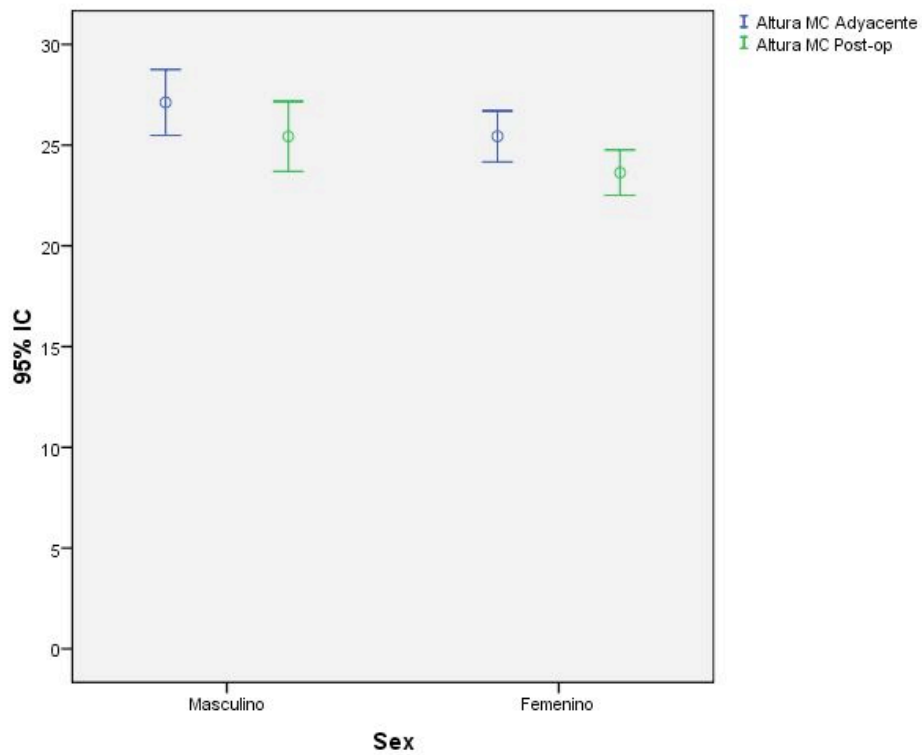


Gráfico.43. Comparación de las medias de altura vertebral media central postoperatoria con la adyacente por sexos.

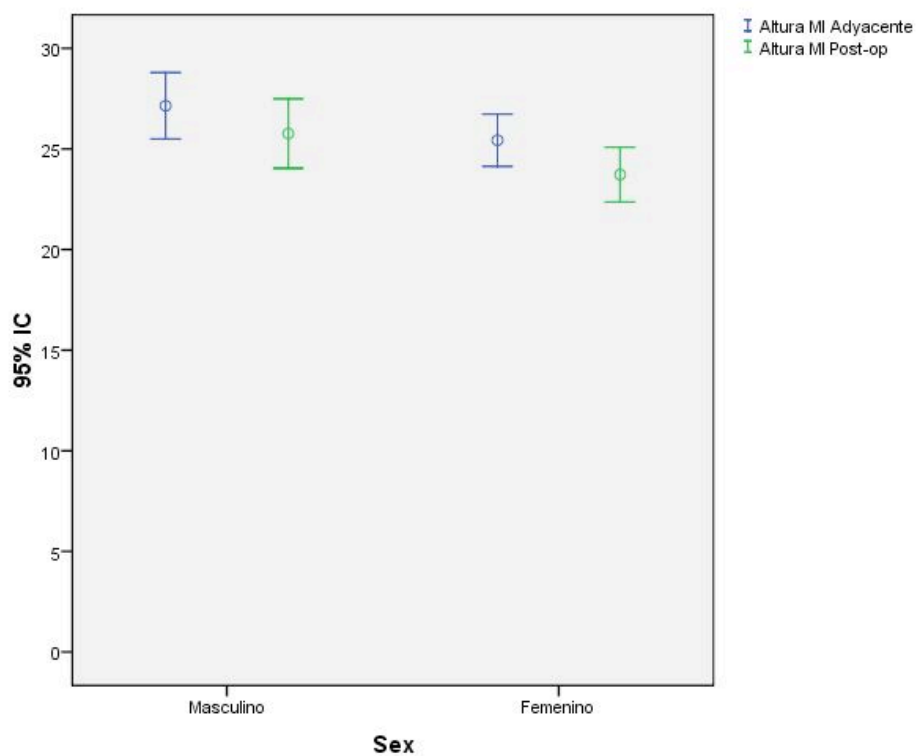


Gráfico.44. Comparación de las medias de altura vertebral media izquierda postoperatoria con la adyacente por sexos.

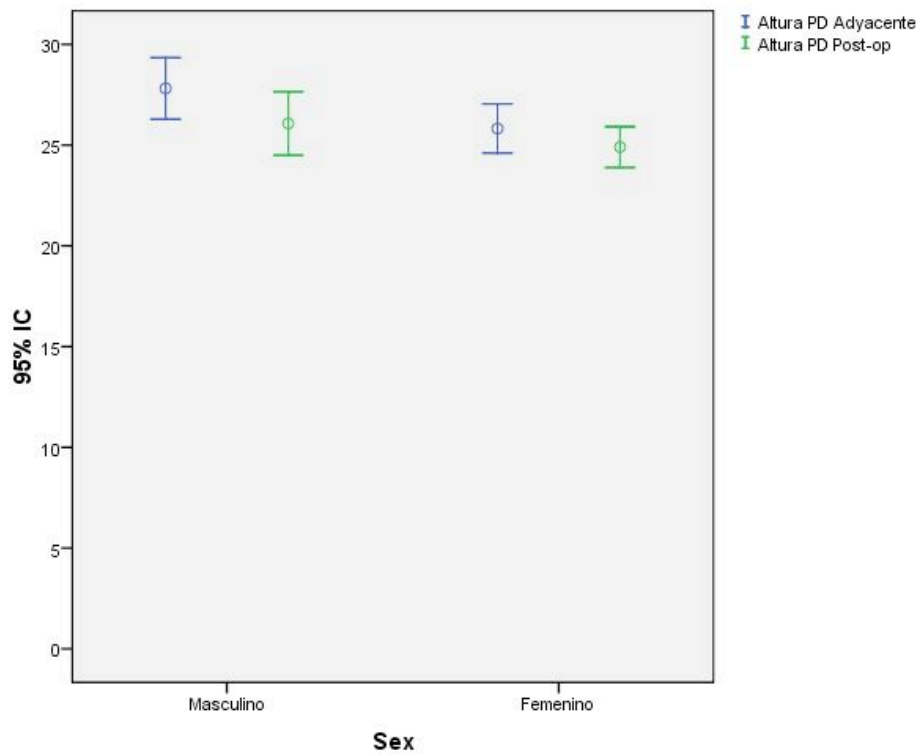


Gráfico.45. Comparación de las medias de altura vertebral posterior derecha postoperatoria con la adyacente por sexos.

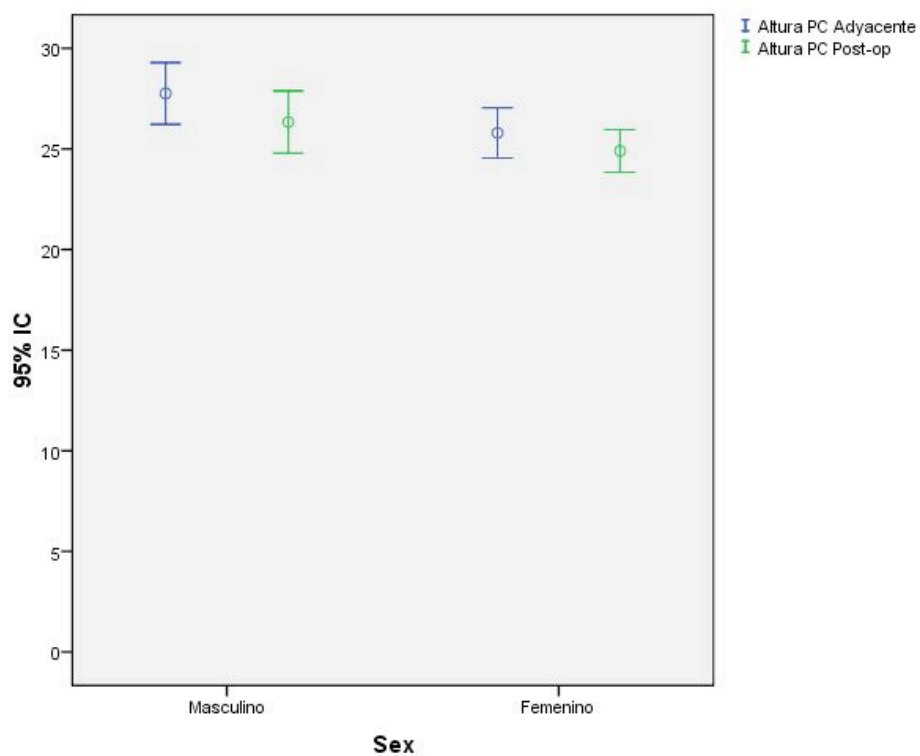


Gráfico.46. Comparación de las medias de altura vertebral posterior central postoperatoria con la adyacente por sexos.

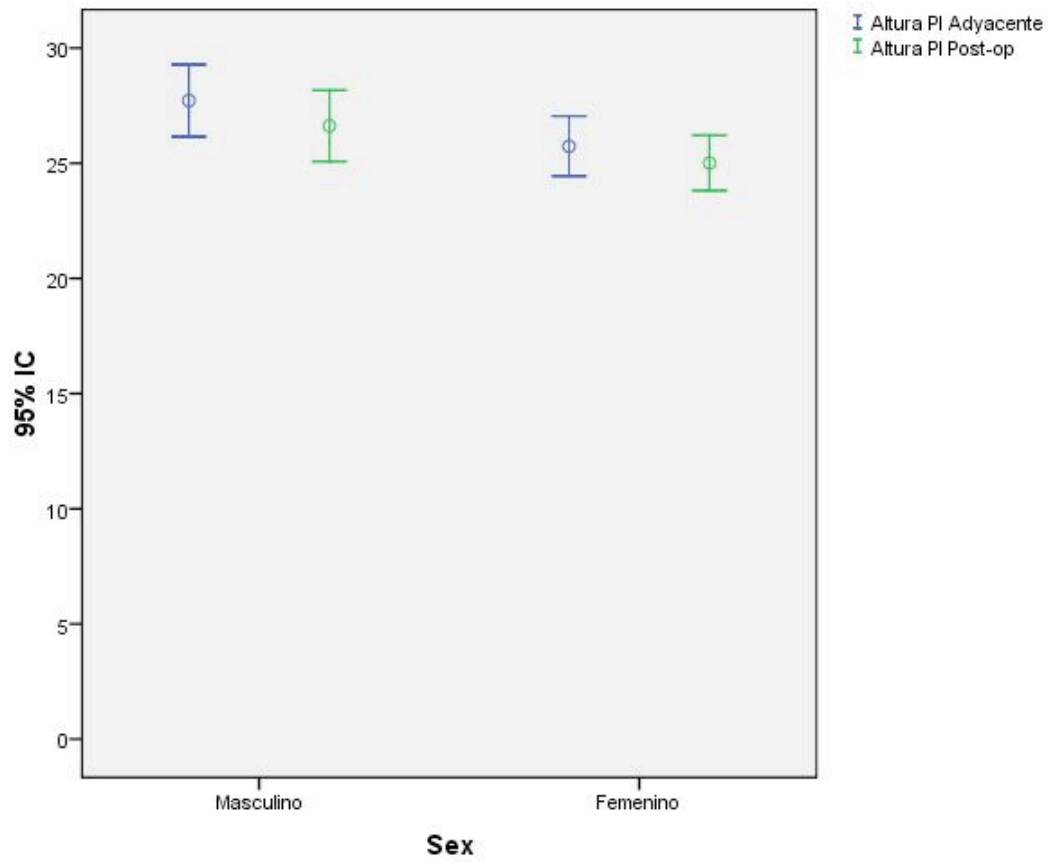


Gráfico.47. Comparación de las medias de altura vertebral posterior izquierda postoperatoria con la adyacente por sexos.

El análisis de los datos de altura vertebral en los distintos puntos analizados del platillo y anillo vertebral por grupos de edad nos permite comprobar que todos los valores presentan una distribución homogénea en ambos grupos, dentro de los distintos momentos evolutivos analizados, y no existen diferencias estadísticamente significativas entre ellos. (Tablas 14-16)

Vértebra adyacente	Grupos	Media	Desviación típica.	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia		p-valor
					Inferior	Superior	
Altura AD	< 55 años	26,08	2,75	0,44	-1,69	2,57	0,673
	>= 55 años	25,64	2,51				
Altura AM	< 55 años	26,01	2,83	0,44	-1,7	2,58	0,676
	>= 55 años	25,57	2,46				
Altura AI	< 55 años	26,01	2,88	0,38	-1,79	2,54	0,723
	>= 55 años	25,63	2,49				
Altura MD	< 55 años	26,48	2,67	0,35	-1,74	2,44	0,733
	>= 55 años	26,13	2,48				
Altura MI	< 55 años	26,4	2,74	0,34	-1,76	2,44	0,741
	>= 55 años	26,06	2,46				
Altura MI	< 55 años	26,37	2,85	0,28	-1,86	2,42	0,791
	>= 55 años	26,09	2,47				
Altura PD	< 55 años	26,85	2,58	0,22	-1,84	2,29	0,824
	>= 55 años	26,63	2,47				
Altura PM	< 55 años	26,79	2,69	0,19	-1,89	2,26	0,856
	>= 55 años	26,6	2,44				
AlturaPI	< 55 años	26,72	2,83	0,17	-1,98	2,31	0,875
	>= 55 años	26,56	2,48				

Tabla.14. Distribución de los valores de altura vertebral en la adyacente por grupos de edad.

Preoperatorio	Grupos	Media	Desviación típica.	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia		p-valor
					Inferior	Superior	
Altura AD	< 55 años	19,74	2,42	0,04	-2,26	2,34	0,973
	>= 55 años	19,7	3				
Altura AM	< 55 años	19,77	2,75	0,18	-2,34	2,69	0,886
	>= 55 años	19,6	3,23				
Altura AI	< 55 años	20,56	3,14	0,51	-2,27	3,3	0,708
	>= 55 años	20,05	3,53				
Altura MD	< 55 años	21,82	1,84	0,07	-1,74	1,89	0,933
	>= 55 años	21,75	2,4				
Altura MC	< 55 años	22,06	2,3	0,19	-1,83	2,2	0,85
	>= 55 años	21,88	2,54				
Altura MI	< 55 años	22,55	2,79	0,45	-1,93	2,83	0,7
	>= 55 años	22,1	2,96				
Altura PD	< 55 años	23,96	1,74	0	-1,78	1,78	0,998
	>= 55 años	23,96	2,37				
Altura PM	< 55 años	24,29	2,22	0,04	-1,88	1,97	0,963
	>= 55 años	24,24	2,42				
AlturaPI	< 55 años	24,69	2,79	0,25	-1,96	2,45	0,819
	>= 55 años	24,44	2,62				

Tabla.15. Distribución de los valores de altura vertebral en la preoperatoria por grupos de edad.



Postoperatorio	Grupos	Media	Desviación típica.	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia		p-valor
					Inferior	Superior	
Altura AD	< 55 años	24,13	2,29	1,33	-0,86	3,53	0,223
	>= 55 años	22,8	2,87				
Altura AM	< 55 años	24,26	2,35	1,65	-0,79	4,08	0,176
	>= 55 años	22,61	3,26				
Altura AI	< 55 años	24,74	2,47	1,92	-0,72	4,57	0,147
	>= 55 años	22,82	3,58				
Altura MD	< 55 años	24,98	1,98	0,96	-0,98	2,89	0,318
	>= 55 años	24,02	2,54				
Altura MI	< 55 años	25,27	2,1	1,33	-0,69	3,34	0,188
	>= 55 años	23,94	2,63				
Altura MI	< 55 años	25,63	2,25	1,59	-0,6	3,77	0,148
	>= 55 años	24,04	2,87				
Altura PD	< 55 años	25,88	1,95	0,71	-1,09	2,51	0,422
	>= 55 años	25,16	2,32				
Altura PM	< 55 años	26,11	2,07	0,91	-0,92	2,74	0,315
	>= 55 años	25,2	2,32				
AlturaPI	< 55 años	26,47	2,16	1,18	-0,75	3,12	0,22
	>= 55 años	25,29	2,47				

Tabla.16. Distribución de los valores de altura vertebral en el postoperatorio por grupos de edad.

Desde el punto de vista de la comparación de los valores preoperatorios y postoperatorios, en el grupo de pacientes menores de 55 años se producen mejorías en todos los parámetros vertebrales de hasta 6mm en determinadas áreas del platillo vertebral, siendo dichas diferencias estadísticamente significativas en todas las áreas evaluadas. (Tabla17) (Gráficos 48-56)

En el grupo de mayores o iguales a 55 años se producen mejorías en todos los parámetros de la superficie vertebral de hasta 5mm en áreas de máxima afectación del platillo vertebral, presentando diferencias estadísticamente significativas en todas las mediciones realizadas. (Tabla 17)(Gráficos 48-56)

Grupos			Media	Desviación típica.	Diferencias				p-valor
					Media	Desviación típica.	95% Interv. confianza		
							Inferior	Superior	
< 55 años	Altura AD	Pre-op	19,74	2,42	-4,39	1,8	-5,68	-3,1	<0,001
		Postop	24,13	2,29					
	Altura AM	Pre-op	19,77	2,75	-4,49	2,14	-6,01	-2,96	<0,00,1
		Postop	24,26	2,35					
	Altura AI	Pre-op	20,56	3,14	-4,18	2,54	-6	-2,36	0,001
		Postop	24,74	2,47					
	Altura MD	Pre-op	21,82	1,84	-3,15	1,78	-4,43	-1,88	<0,001
		Postop	24,98	1,98					
	Altura MI	Pre-op	22,06	2,3	-3,21	2,03	-4,66	-1,76	0,001
		Postop	25,27	2,1					
	Altura MI	Pre-op	22,55	2,79	-3,08	2,33	-4,75	-1,41	0,002
		Postop	25,63	2,25					
	Altura PD	Pre-op	23,96	1,74	-1,91	1,66	-3,1	-0,72	0,005
		Postop	25,88	1,95					
	Altura PM	Pre-op	24,29	2,22	-1,83	1,71	-3,05	-0,6	0,008
		Postop	26,11	2,07					
	AlturaPI	Pre-op	24,69	2,79	-1,79	2,07	-3,27	-0,3	0,023
		Postop	26,47	2,16					
>= 55 años	Altura AD	Pre-op	19,7	3	-3,09	2,61	-4,44	-1,75	0,000
		Postop	22,8	2,87					
	Altura AM	Pre-op	19,6	3,23	-3,01	2,84	-4,48	-1,55	0,000
		Postop	22,61	3,26					
	Altura AI	Pre-op	20,05	3,53	-2,77	2,83	-4,23	-1,32	0,001
		Postop	22,82	3,58					
	Altura MD	Pre-op	21,75	2,4	-2,27	2,1	-3,35	-1,19	<0,001
		Postop	24,02	2,54					
	Altura MI	Pre-op	21,88	2,54	-2,07	2,04	-3,12	-1,02	0,001
		Postop	23,94	2,63					
	Altura MI	Pre-op	22,1	2,96	-1,95	2,12	-3,04	-0,86	0,002
		Postop	24,04	2,87					
	Altura PD	Pre-op	23,96	2,37	-1,2	1,12	-1,78	-0,63	<0,001
		Postop	25,16	2,32					
	Altura PM	Pre-op	24,24	2,42	-0,96	1,12	-1,53	-0,38	0,003
		Postop	25,2	2,32					
	AlturaPI	Pre-op	24,44	2,62	-0,85	1,16	-1,45	-0,25	0,008
		Postop	25,29	2,47					

Tabla.17. Comparación de las medias de altura vertebral preop-postop.

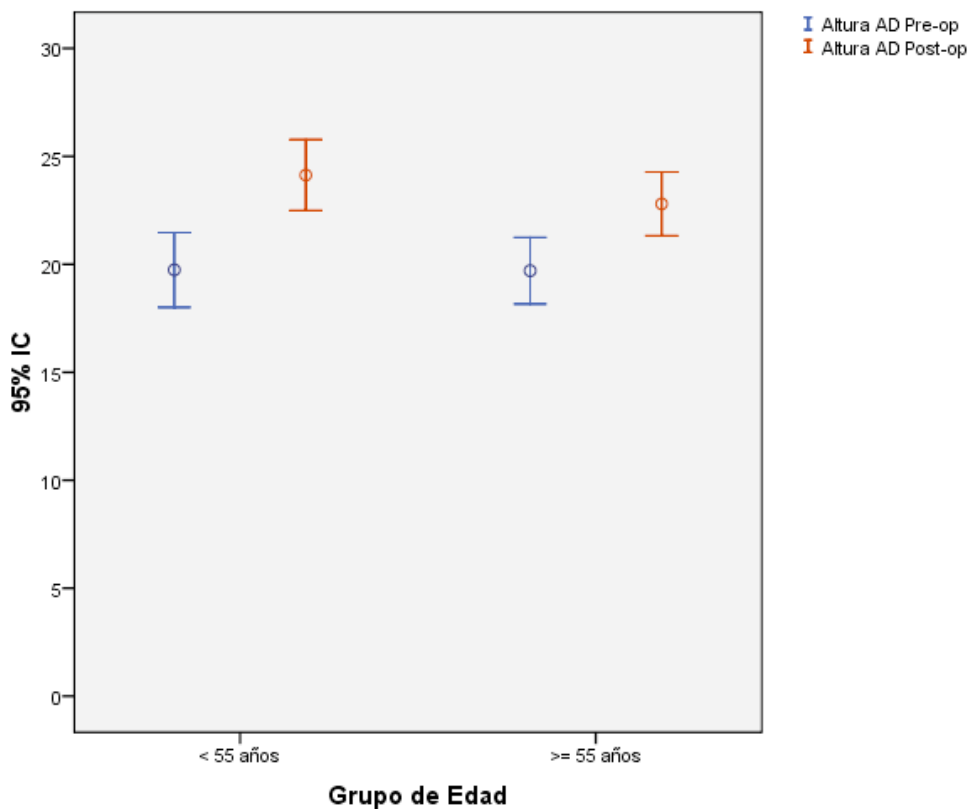


Gráfico.48. Valores de altura vertebral anterior derecha por grupos de edad en preoperatorio y postoperatorio.

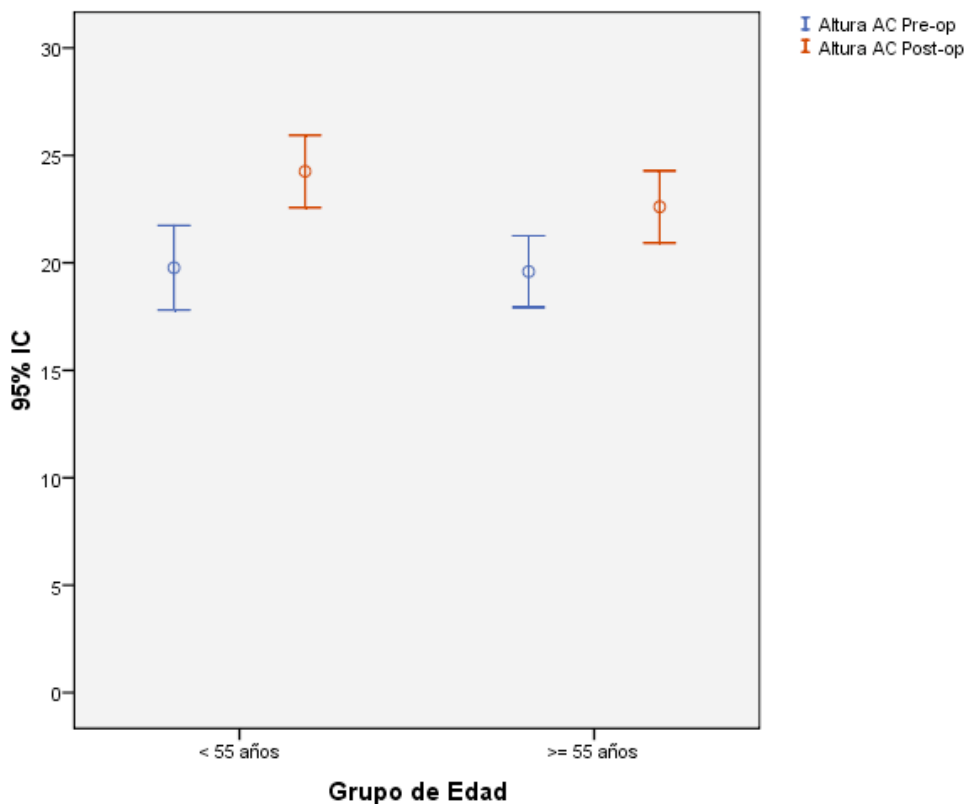


Gráfico.49. Valores de altura vertebral anterior central por grupos de edad en preoperatorio y postoperatorio.

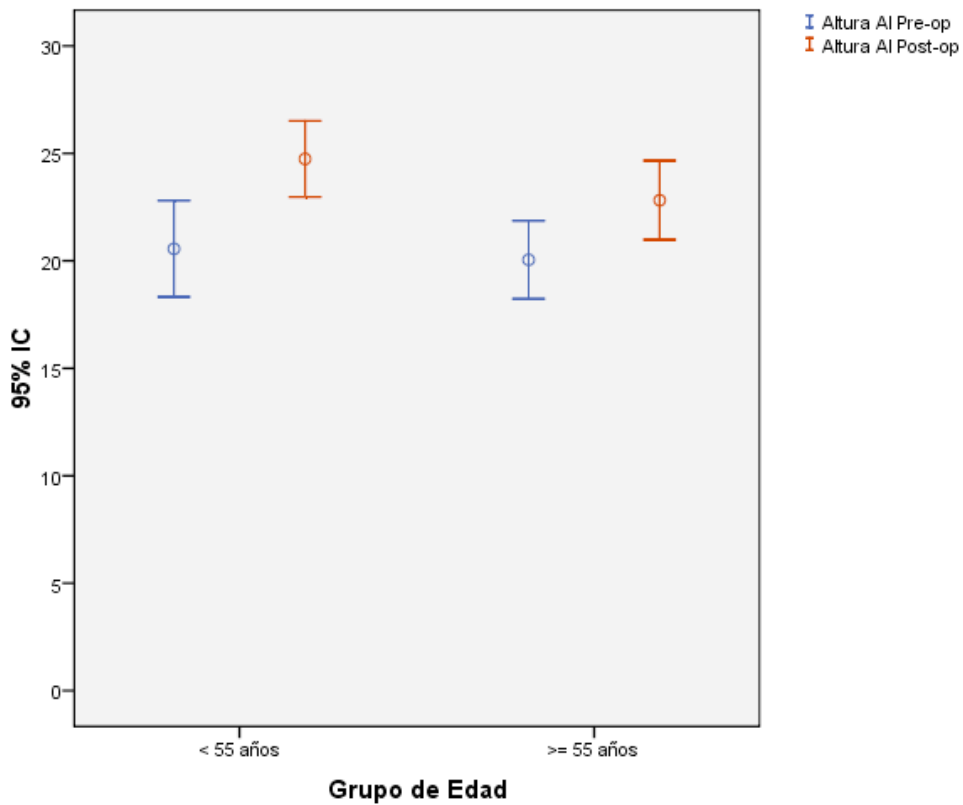


Gráfico.50. Valores de altura vertebral anterior izquierda por grupos de edad en preoperatorio y postoperatorio.

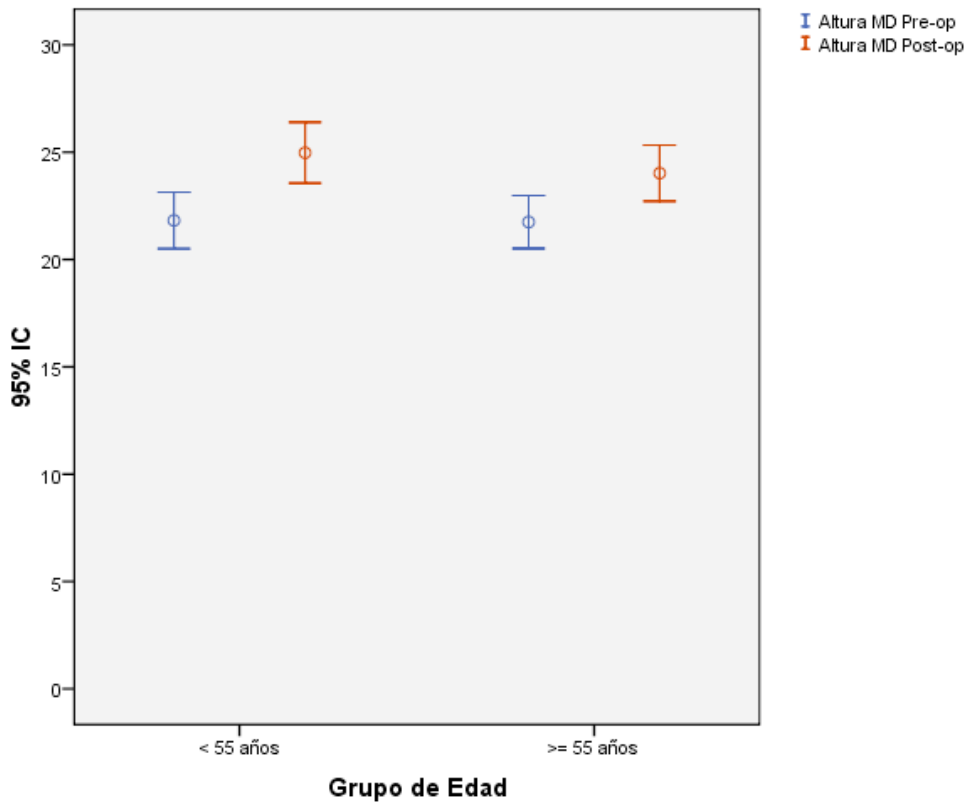


Gráfico.51. Valores de altura vertebral medio derecha por grupos de edad en preoperatorio y postoperatorio.

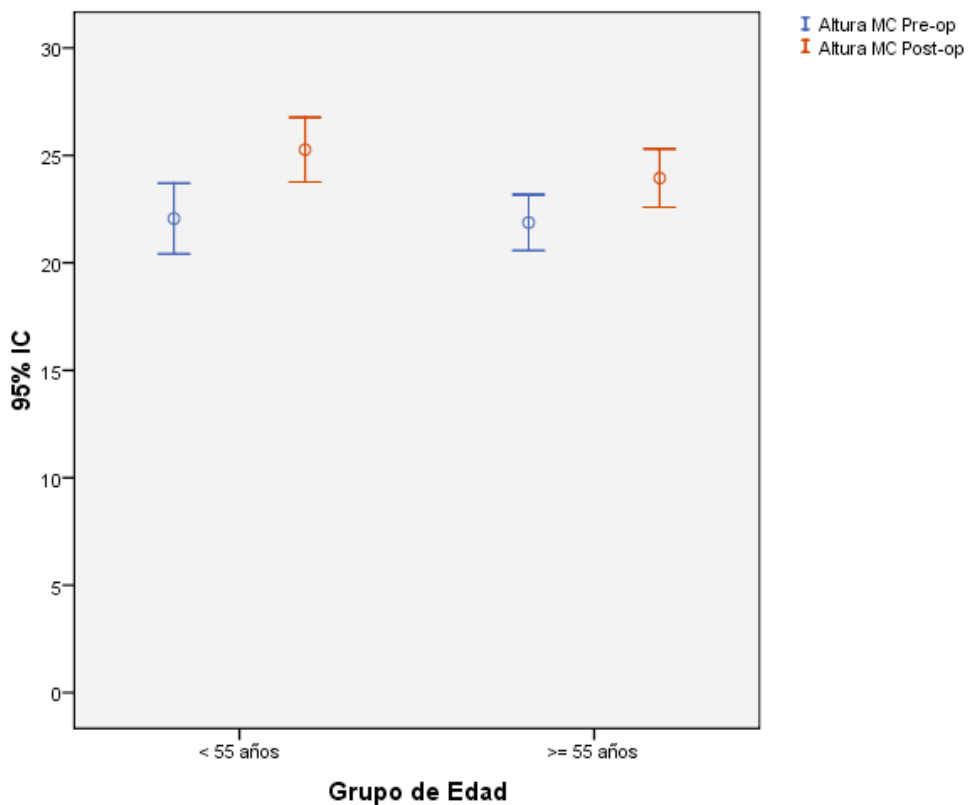


Gráfico.52. Valores de altura vertebral medio central por grupos de edad en preoperatorio y postoperatorio.

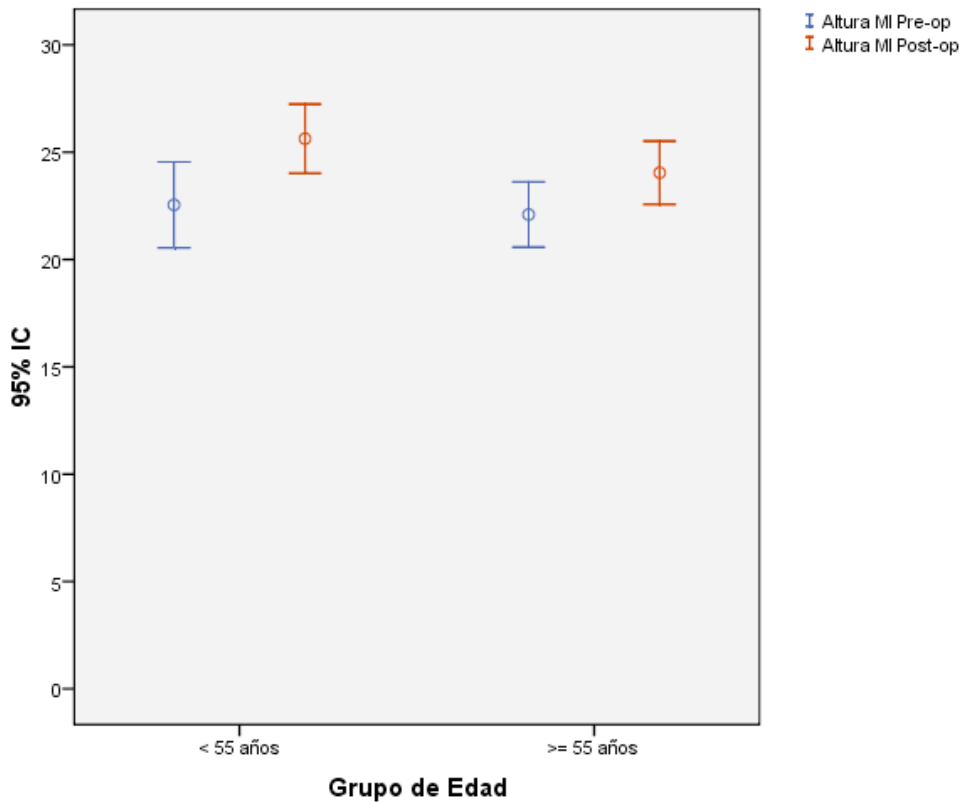


Gráfico.53. Valores de altura vertebral medio izquierda por grupos de edad en preoperatorio y postoperatorio.

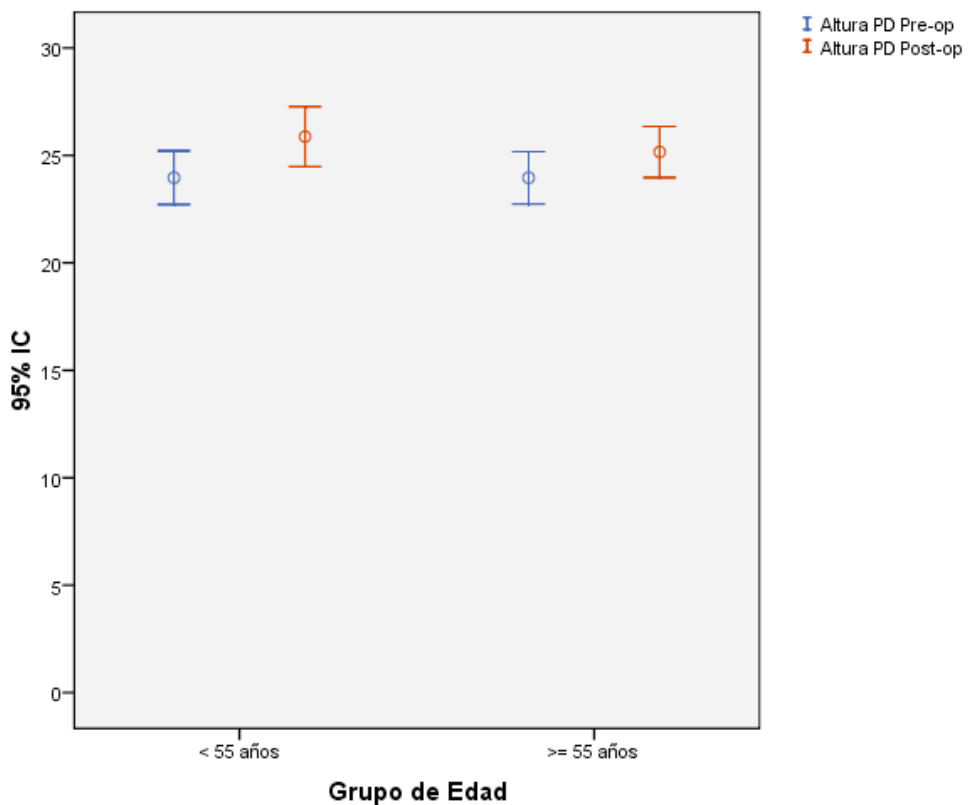


Gráfico.54. Valores de altura vertebral posterior derecha por grupos de edad en preoperatorio y postoperatorio.

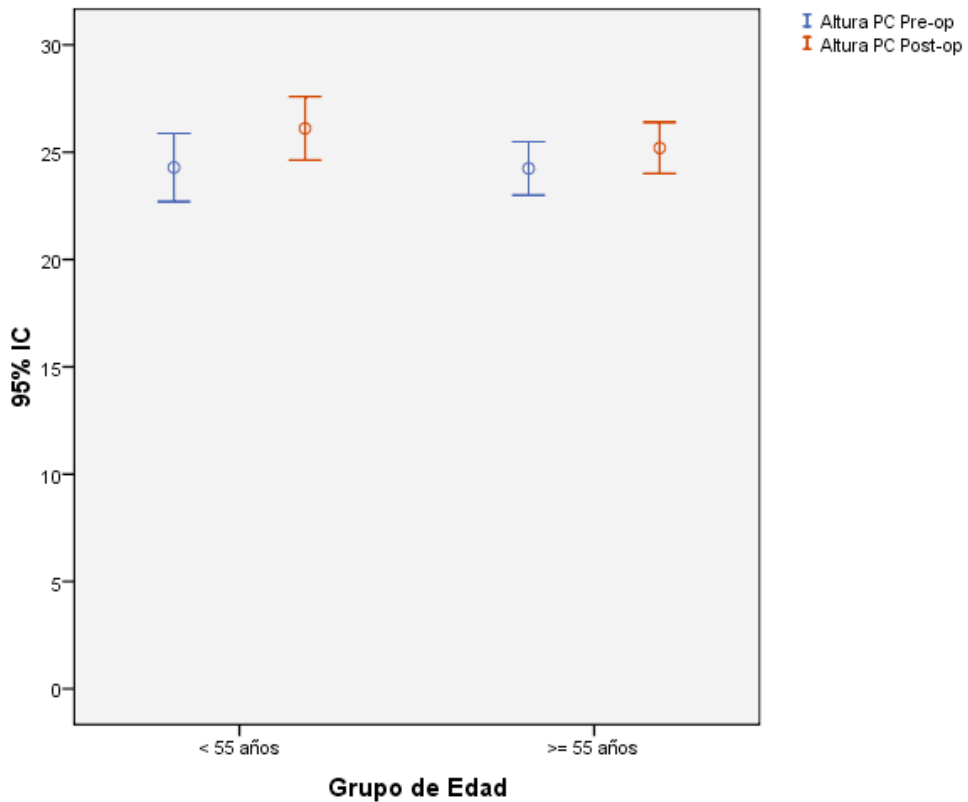


Gráfico.55. Valores de altura vertebral posterior central por grupos de edad en preoperatorio y postoperatorio.

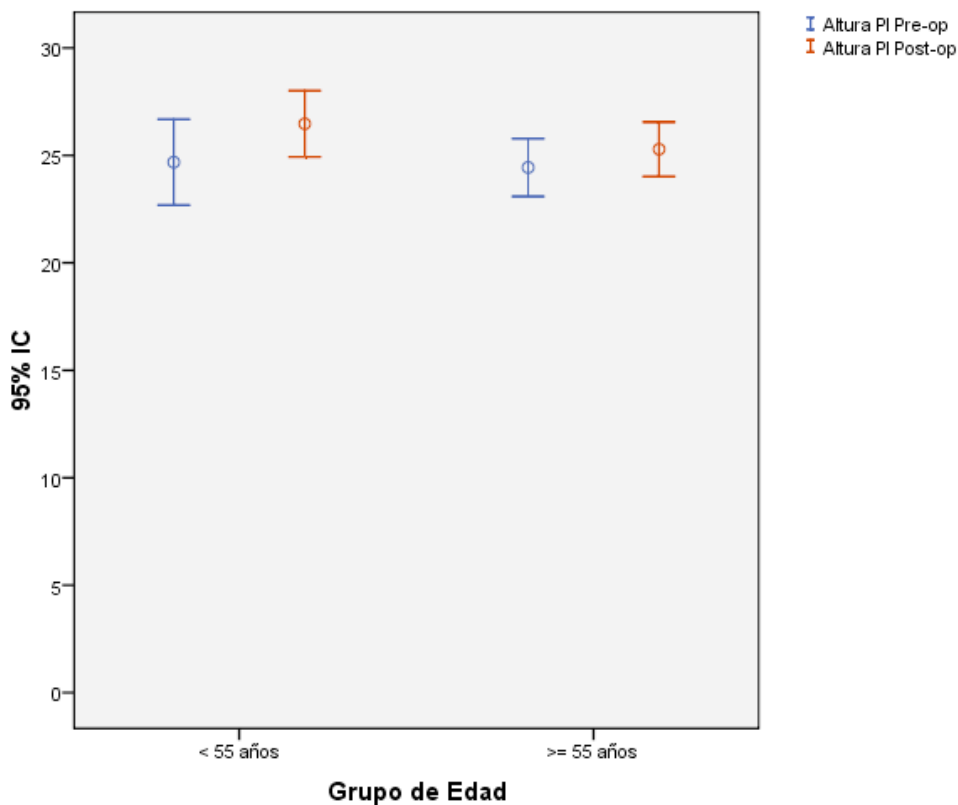


Gráfico.56. Valores de altura vertebral posterior izquierda por grupos de edad en preoperatorio y postoperatorio.

En cuanto a la comparación de los valores de altura vertebral de la superficie del platillo vertebral en la situación de máxima restauración y la anatomía normal de la vértebra adyacente, existen diferencias muy pequeñas en cuanto a no alcanzar los valores máximos de altura vertebral. Si bien esas diferencias con valores medios menores de 2mm e incluso inferiores a 1mm con respecto a la anatomía normal, no son estadísticamente significativas en ninguno de los segmentos de la superficie vertebral analizada en el grupo de pacientes menores de 55 años. (Tabla 18) (Gráficos 57-65)



Grupos	Comparación	Media	Desviación típica.	Diferencia			p-valor	
				Media	95% Interv. confianza para la diferencia			
					Inferior	Superior		
< 55 años	Altura AD	Adyacente	26,08	2,75	1,95	-0,42	4,33	0,101
		Post-op	24,13	2,29				
	Altura AC	Adyacente	26,01	2,83	1,75	-0,69	4,2	0,149
		Post-op	24,26	2,35				
	Altura AI	Adyacente	26,01	2,88	1,26	-1,25	3,78	0,306
		Post-op	24,74	2,47				
	Altura MD	Adyacente	26,48	2,67	1,5	-0,71	3,71	0,17
		Post-op	24,98	1,98				
	Altura MC	Adyacente	26,4	2,74	1,13	-1,17	3,43	0,314
		Post-op	25,27	2,1				
Altura MI	Adyacente	26,37	2,85	0,74	-1,67	3,15	0,526	
	Post-op	25,63	2,25					
Altura PD	Adyacente	26,85	2,58	0,98	-1,17	3,13	0,352	
	Post-op	25,88	1,95					
Altura PC	Adyacente	26,79	2,69	0,67	-1,58	2,92	0,538	
	Post-op	26,11	2,07					
Altura PI	Adyacente	26,72	2,83	0,25	-2,11	2,61	0,826	
	Post-op	26,47	2,16					
>= 55 años	Altura AD	Adyacente	25,64	2,51	2,84	0,96	4,73	0,004
		Post-op	22,8	2,87				
	Altura AC	Adyacente	25,57	2,46	2,96	0,94	4,98	0,005
		Post-op	22,61	3,26				
	Altura AI	Adyacente	25,63	2,49	2,81	0,65	4,96	0,012
		Post-op	22,82	3,58				
	Altura MD	Adyacente	26,13	2,48	2,11	0,35	3,86	0,02
		Post-op	24,02	2,54				
	Altura MC	Adyacente	26,06	2,46	2,12	0,34	3,9	0,021
		Post-op	23,94	2,63				
Altura MI	Adyacente	26,09	2,47	2,05	0,18	3,92	0,033	
	Post-op	24,04	2,87					
Altura PD	Adyacente	26,63	2,47	1,47	-0,21	3,14	0,084	
	Post-op	25,16	2,32					
Altura PC	Adyacente	26,6	2,44	1,4	-0,27	3,06	0,097	
	Post-op	25,2	2,32					
Altura PI	Adyacente	26,56	2,48	1,27	-0,46	3	0,145	
	Post-op	25,29	2,47					

Tabla.18. Comparación de la restauración máxima-vértebra adyacente.

En el grupo de pacientes mayores de 55 años se han producido mejorías en la altura vertebral que aproximan a ese grupo de pacientes a la referencia anatómica, si bien todavía persisten diferencias significativas con la anatomía de referencia de forma principal en la región anterior y derecha del platillo vertebral. (Tabla 18)

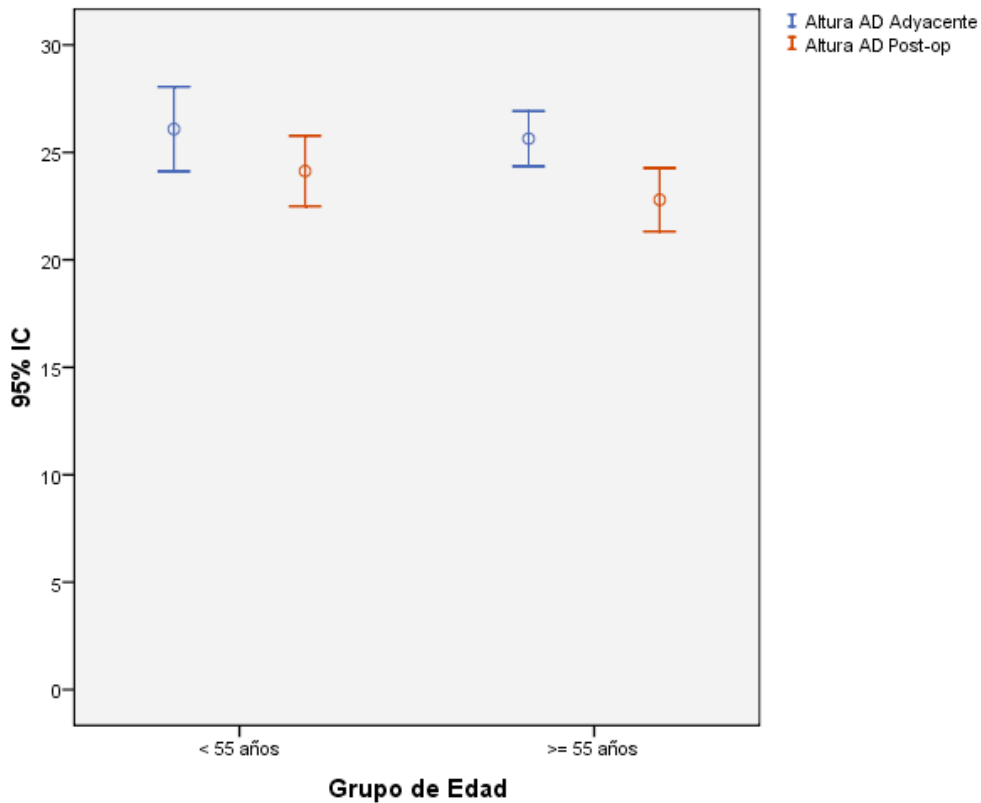


Gráfico.57. Altura vertebral anterior derecha por grupos de edad en postoperatorio y adyacente.

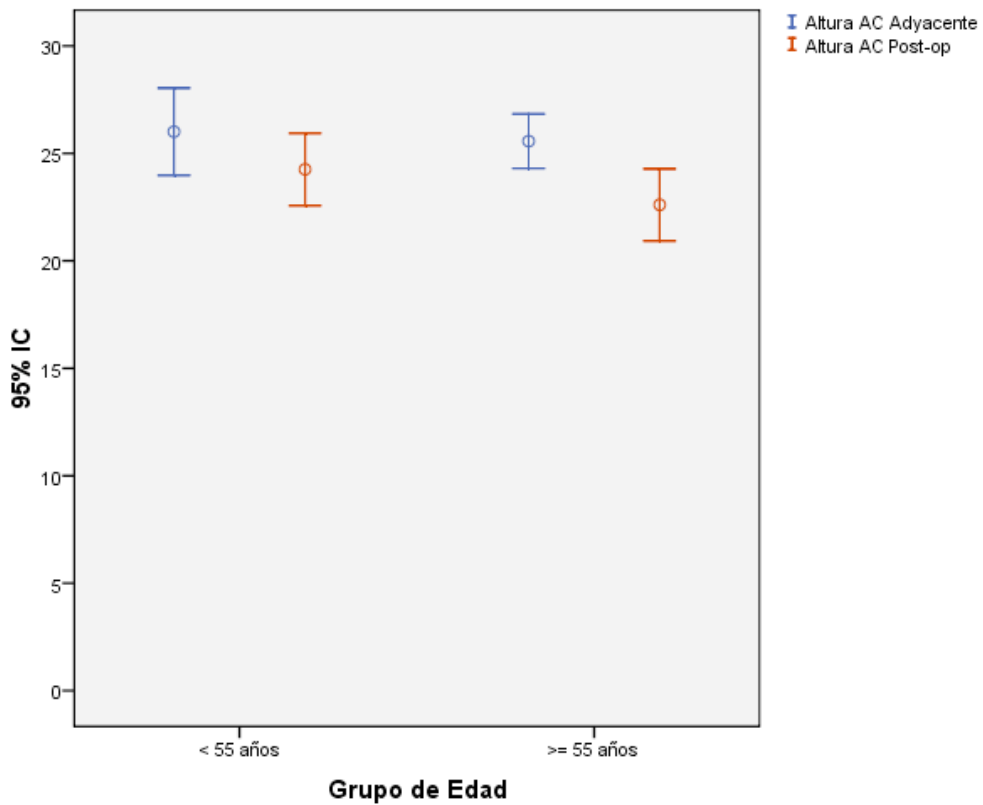


Gráfico.58. Altura vertebral anterior central por grupos de edad en postoperatorio y adyacente.

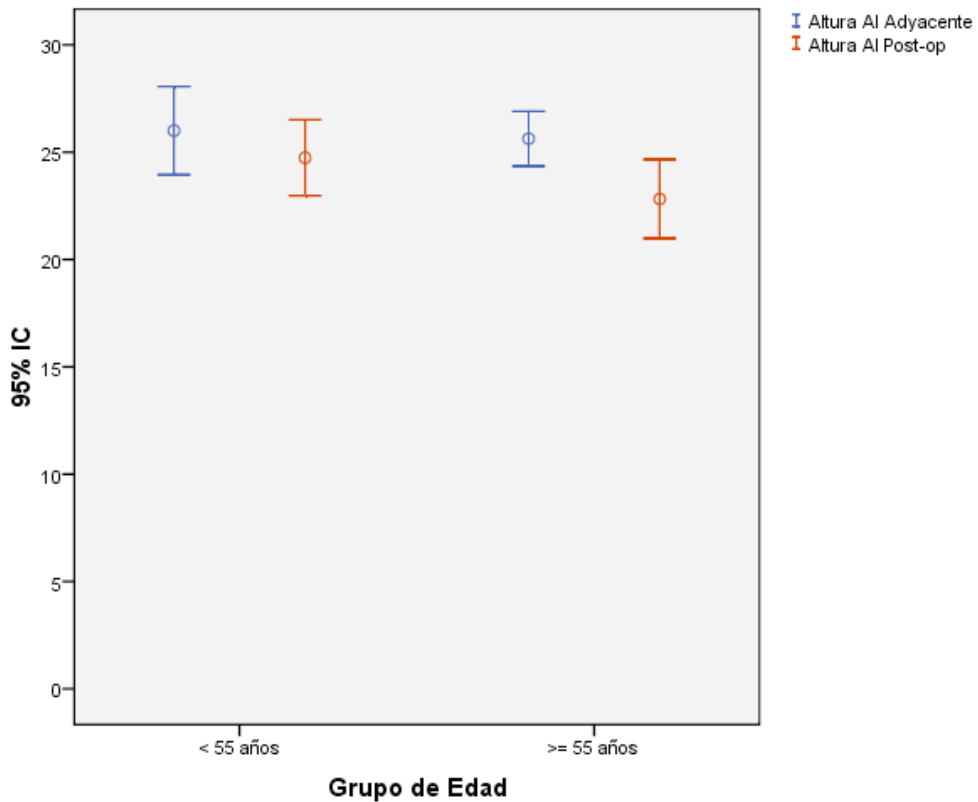


Gráfico.59. Altura vertebral anterior izquierda por grupos de edad en postoperatorio y adyacente.

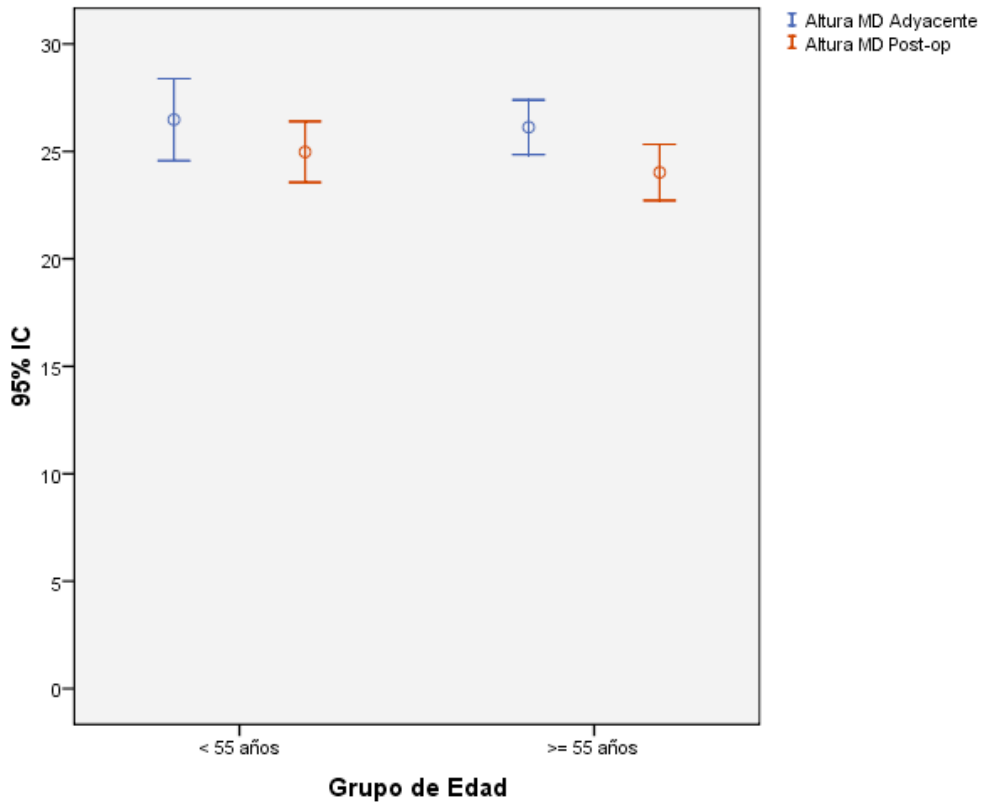


Gráfico.60. Altura vertebral medio derecha por grupos de edad en postoperatorio y adyacente.

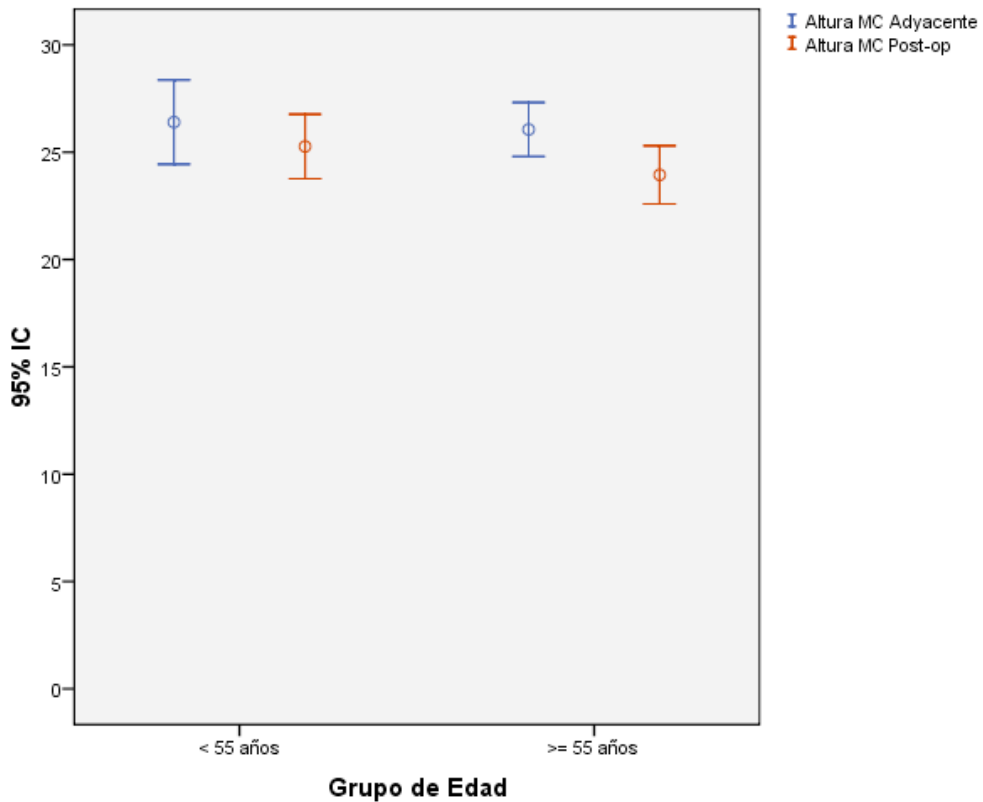


Gráfico.61. Altura vertebral media central por grupos de edad en postoperatorio y adyacente.

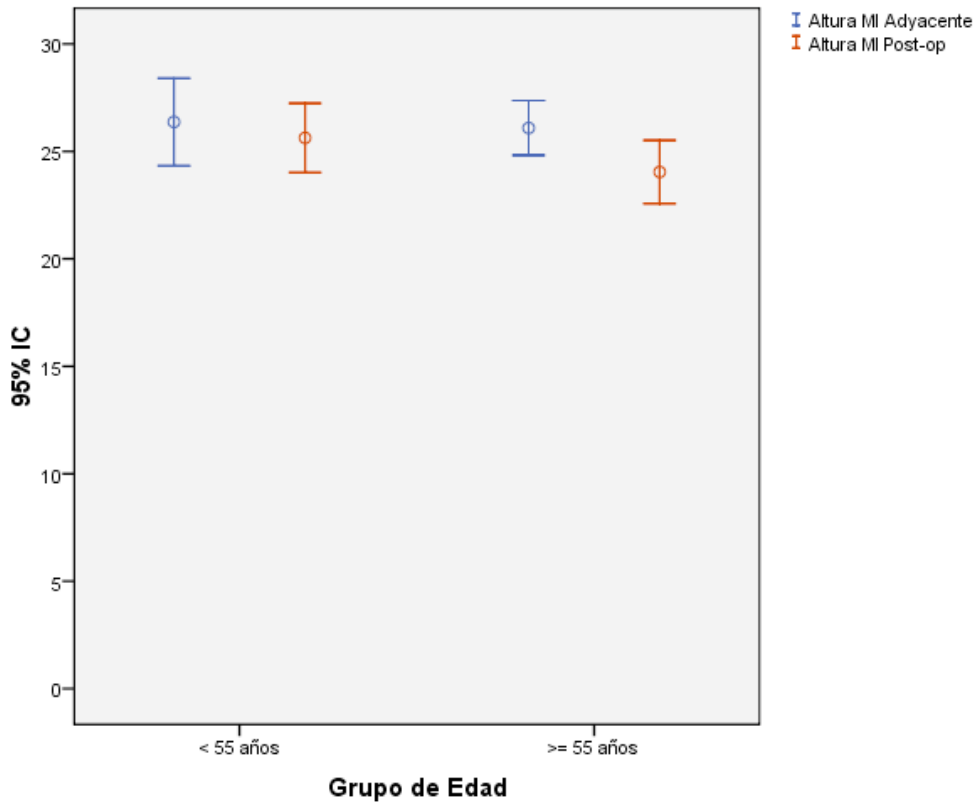


Gráfico.62. Altura vertebral medio izquierda por grupos de edad en postoperatorio y adyacente.

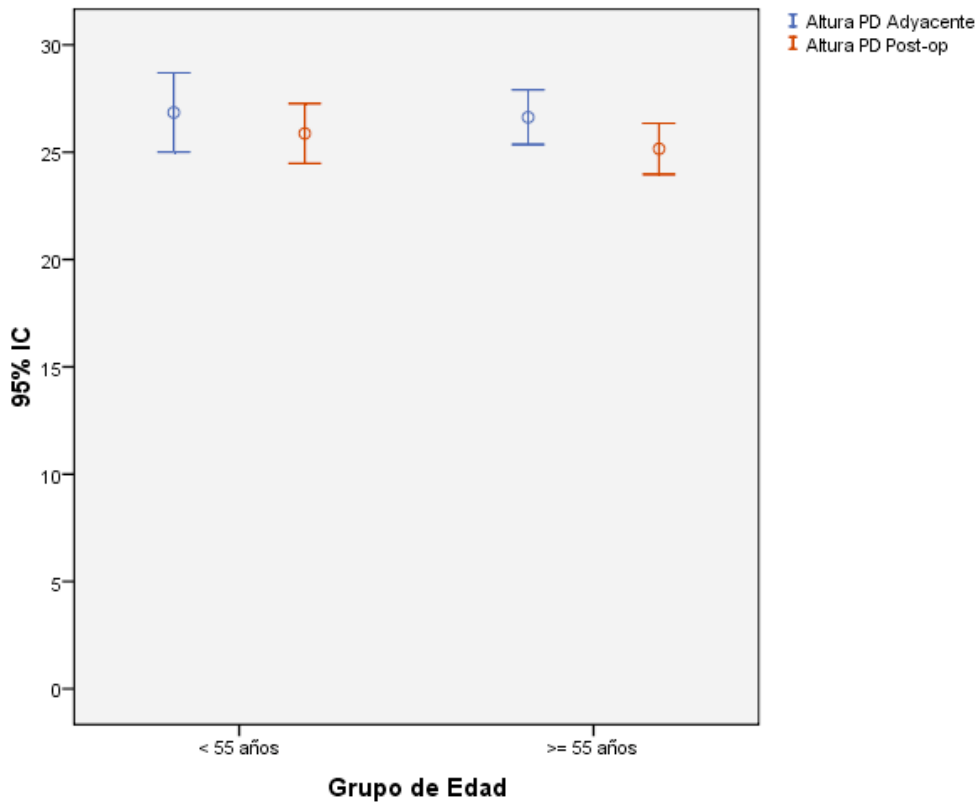


Gráfico.63. Altura vertebral posterior derecha por grupos de edad en postoperatorio y adyacente.

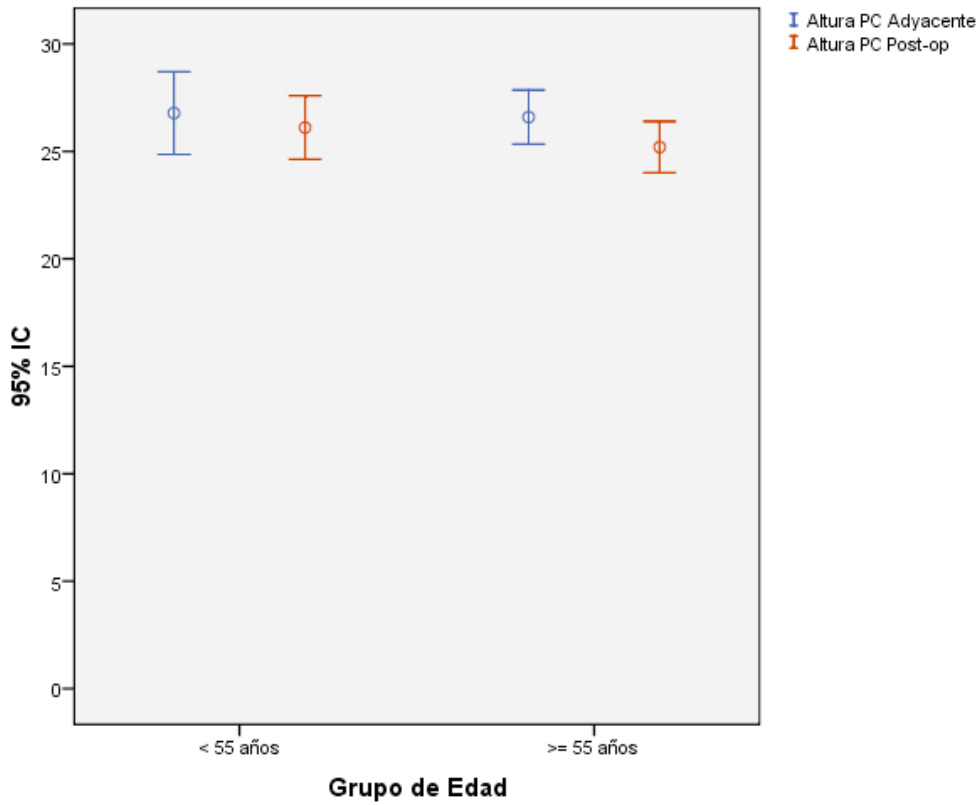


Gráfico.64. Altura vertebral posterior central por grupos de edad en postoperatorio y adyacente.

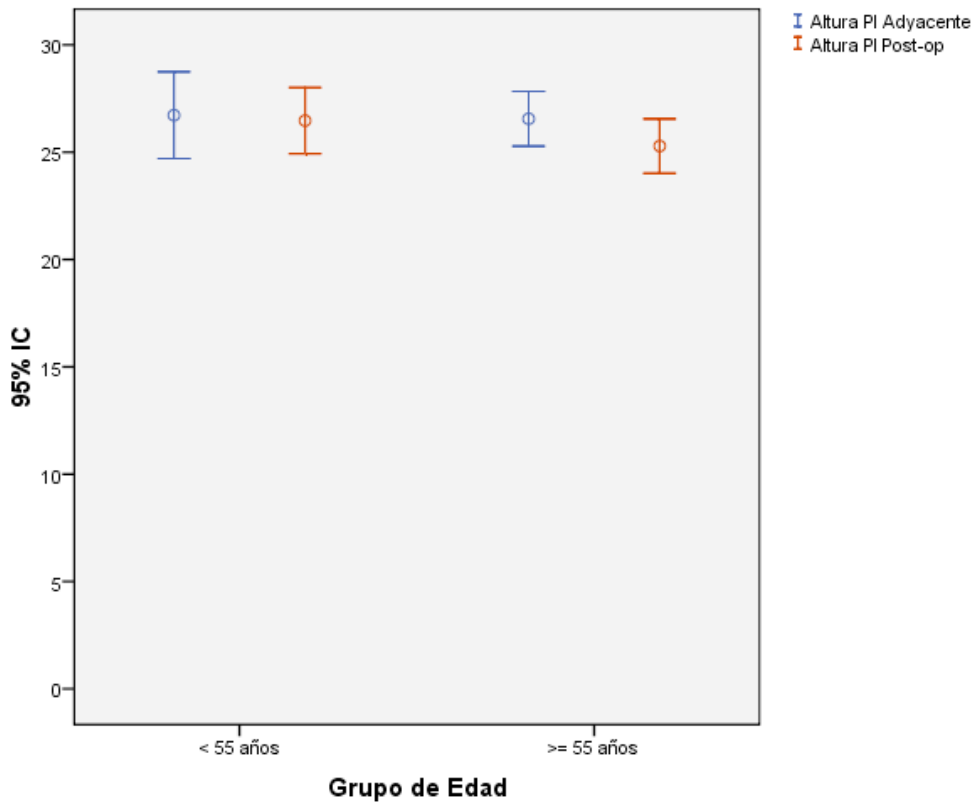


Gráfico.65. Altura vertebral posterior izquierda por grupos de edad en postoperatorio y adyacente.

En cuanto al análisis de la altura vertebral en función de la localización de la fractura presenta diferencias estadísticamente significativas en todos los valores de altura vertebral de las distintas áreas del platillo vertebral y entre las distintas localizaciones de la fractura vertebral tanto a nivel de la vértebra adyacente, la vértebra fracturada tanto en el preoperatorio como en el postoperatorio. (Tablas 19-23)(Gráficos 75-110)

		Mediana	Percentiles	
			25	75
Altura AD	Adyacente	25,42	24,67	26,43
	Pre-op	19,90	18,17	20,36
	Post-op	23,22	22,37	24,83
Altura AC	Adyacente	25,47	24,62	26,48
	Pre-op	19,77	18,10	20,39
	Post-op	23,32	21,97	25,07
Altura AI	Adyacente	25,76	24,60	26,72
	Pre-op	20,00	17,73	22,15
	Post-op	23,66	21,93	25,65
Altura MD	Adyacente	25,94	24,75	27,38
	Pre-op	22,04	21,39	22,72
	Post-op	24,59	23,54	25,97
Altura MC	Adyacente	26,12	24,70	27,46
	Pre-op	22,01	21,19	22,81
	Post-op	24,36	23,41	26,35
Altura MI	Adyacente	26,32	24,59	27,64
	Pre-op	22,47	20,46	23,79
	Post-op	24,31	23,24	26,94
Altura PD	Adyacente	26,16	24,80	28,37
	Pre-op	24,03	22,89	25,22
	Post-op	25,90	24,94	27,46
Altura PC	Adyacente	26,48	24,67	28,43
	Pre-op	24,35	23,37	25,62
	Post-op	25,00	24,71	27,95
Altura PI	Adyacente	26,69	24,53	28,57
	Pre-op	24,34	22,89	26,52
	Post-op	25,49	24,34	28,29

Tabla.19.Valores de altura vertebral distribuidos por localización de la fractura: L1



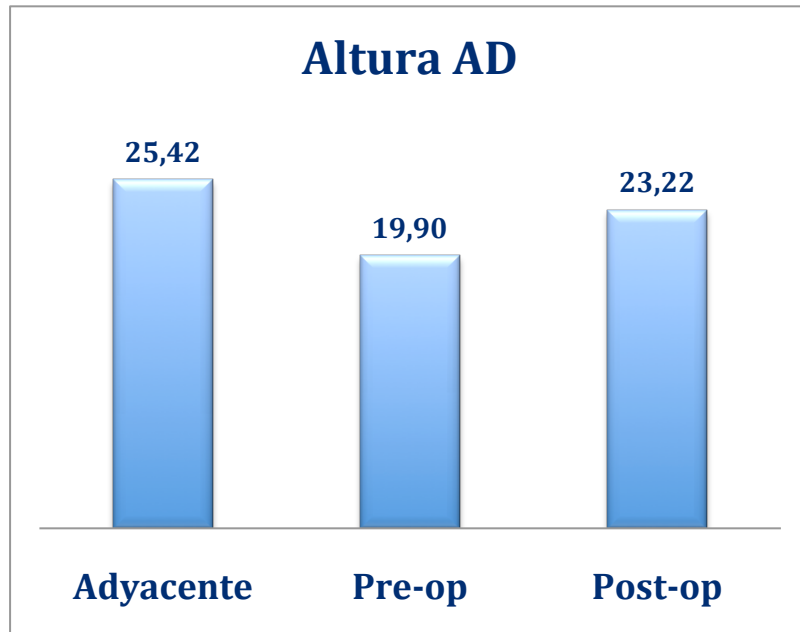


Gráfico.66. Valores de altura vertebral preop., postop. y adyacente anterior derecha en la localización L1.

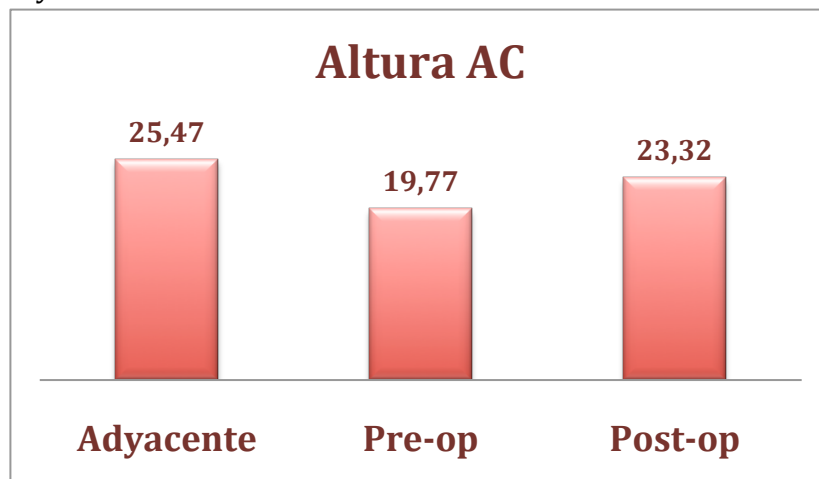


Gráfico.67. Valores de altura vertebral preop., postop. y adyacente anterior central en la localización L1.

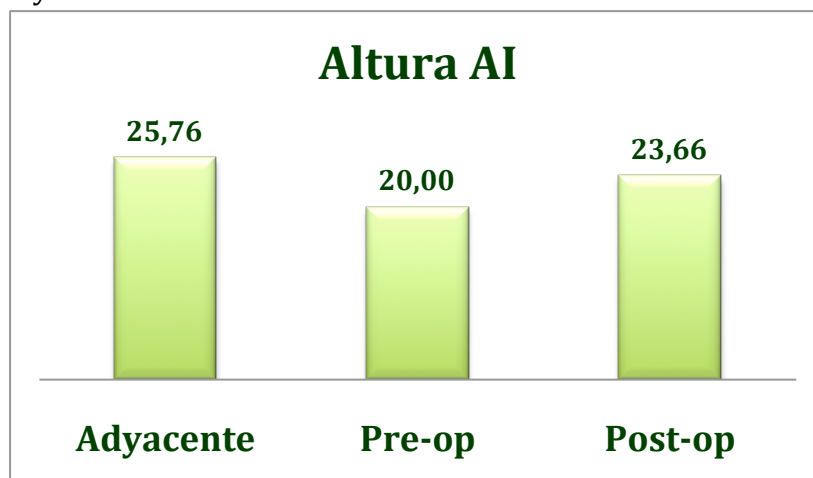


Gráfico.68. Valores de altura vertebral preop., postop. y adyacente anterior izquierda en la localización L1.

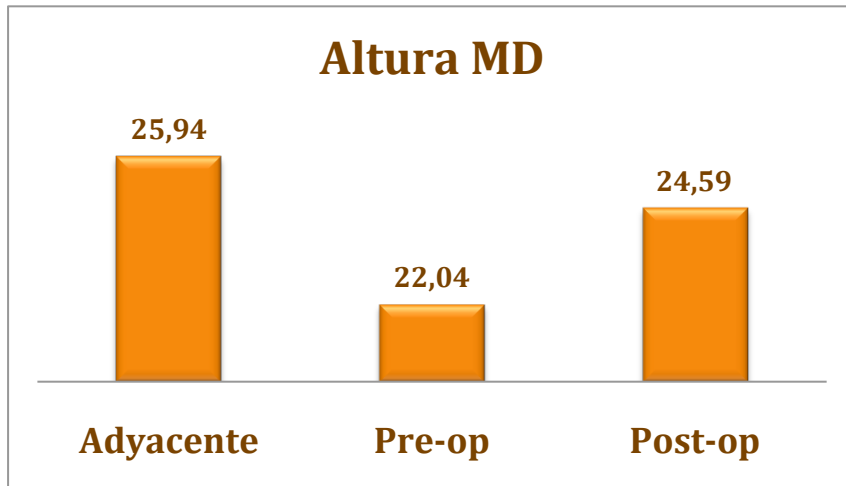


Gráfico.69. Valores de altura vertebral preoperatoria, postoperatoria y adyacente en medio derecha en la localización L1.

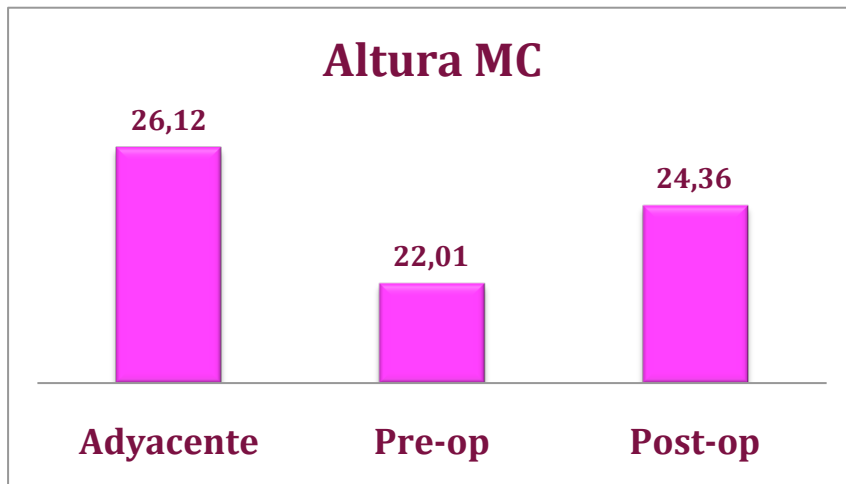


Gráfico.70. Valores de altura vertebral preoperatoria, postoperatoria y adyacente en medio central en la localización L1.

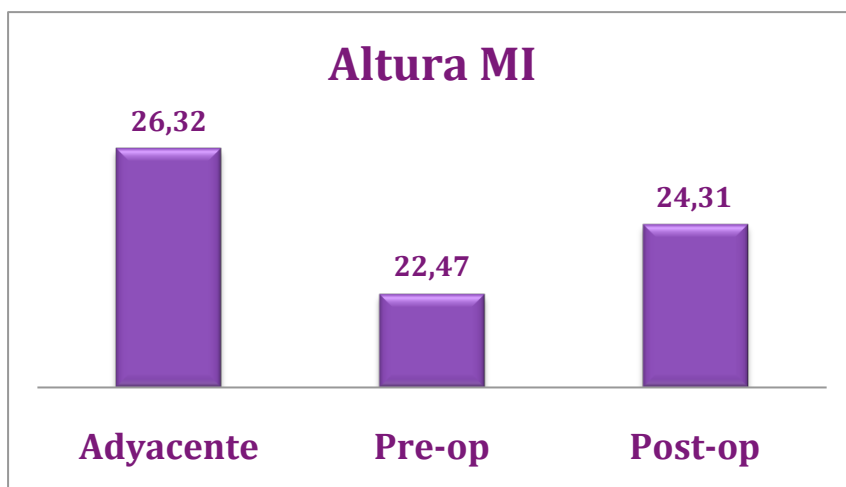


Gráfico.71. Valores de altura vertebral preoperatoria, postoperatoria y adyacente en medio izquierda en la localización L1.

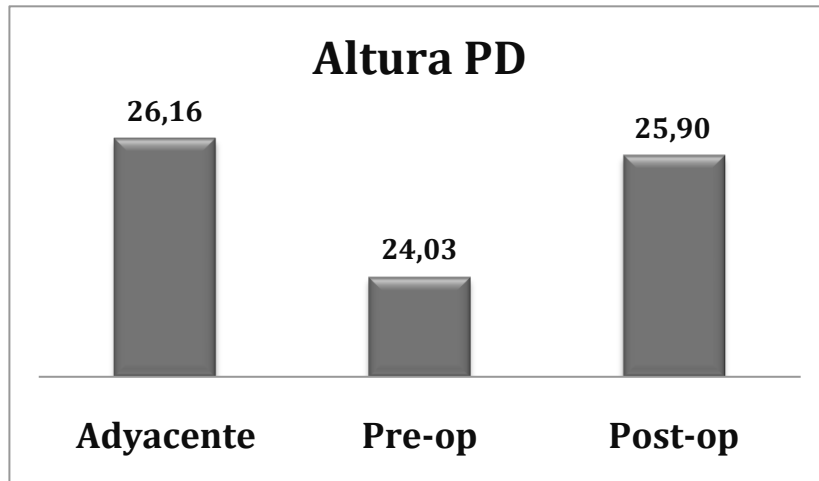


Gráfico.72. Valores de altura vertebral preoperatoria, postoperatoria y adyacente en posterior derecho en la localización L1.

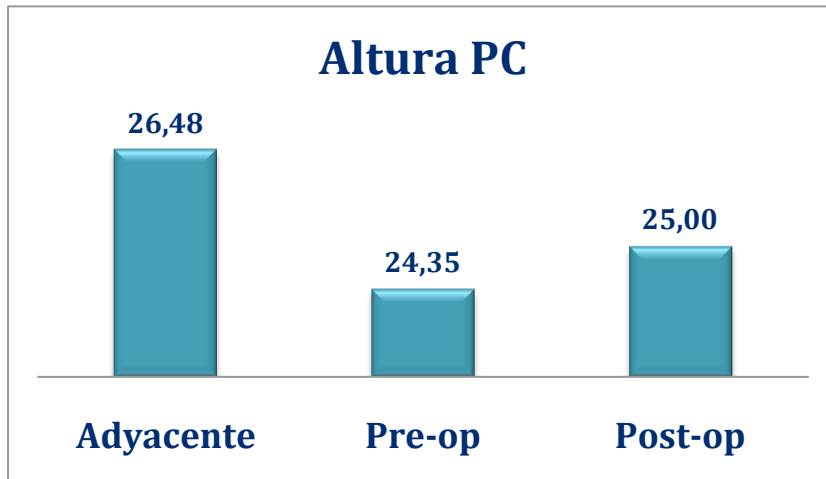


Gráfico.73. Valores de altura vertebral preoperatoria, postoperatoria y adyacente en posterior centro en la localización L1.

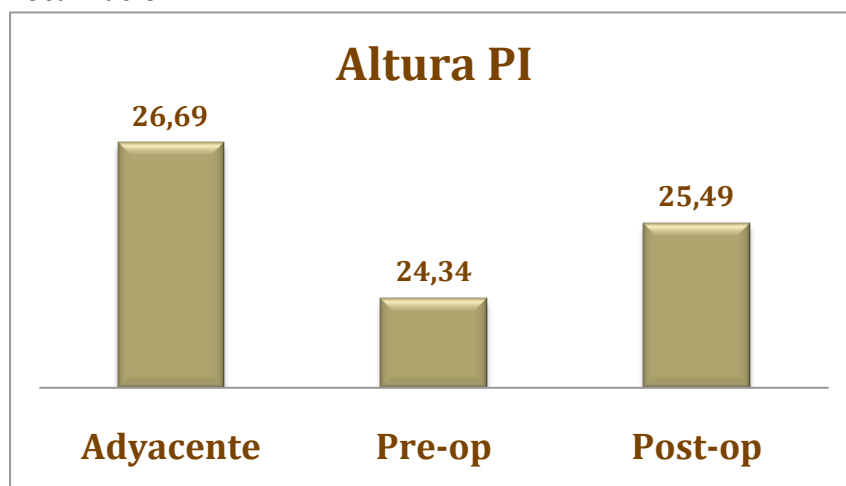


Gráfico.74. Valores de altura vertebral preoperatoria, postoperatoria y adyacente en posterior izquierdo en la localización L1.

		Mediana	Percentiles	
			25	75
Altura AD	Adyacente	28,70	27,25	30,40
	Pre-op	22,07	21,26	25,67
	Post-op	25,57	23,30	26,91
Altura AC	Adyacente	28,45	27,05	30,21
	Pre-op	23,42	21,42	25,83
	Post-op	25,57	23,64	27,16
Altura AI	Adyacente	28,57	27,23	29,94
	Pre-op	25,07	22,08	26,05
	Post-op	25,92	24,30	27,24
Altura MD	Adyacente	29,02	28,40	30,10
	Pre-op	24,12	22,58	26,03
	Post-op	26,28	24,99	27,52
Altura MC	Adyacente	28,81	28,23	29,90
	Pre-op	25,05	23,95	26,06
	Post-op	26,40	25,38	27,90
Altura MI	Adyacente	28,86	28,24	29,65
	Pre-op	26,25	24,41	26,56
	Post-op	26,55	25,99	27,89
Altura PD	Adyacente	29,60	29,25	29,83
	Pre-op	26,40	25,08	27,51
	Post-op	27,04	26,66	28,08
Altura PC	Adyacente	29,42	29,09	29,62
	Pre-op	26,61	26,41	27,68
	Post-op	27,18	27,02	28,14
Altura PI	Adyacente	29,28	29,16	29,37
	Pre-op	27,79	26,80	28,03
	Post-op	27,61	27,33	28,50

Tabla.20.Valores de altura vertebral distribuidos por localización de la fractura: L2

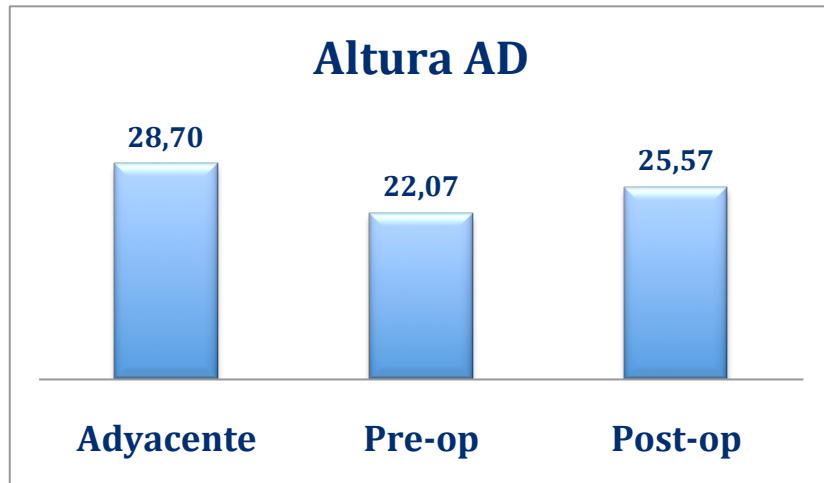


Gráfico.75. Valores de altura vertebral anterior derecha por localización de la fractura: L2.

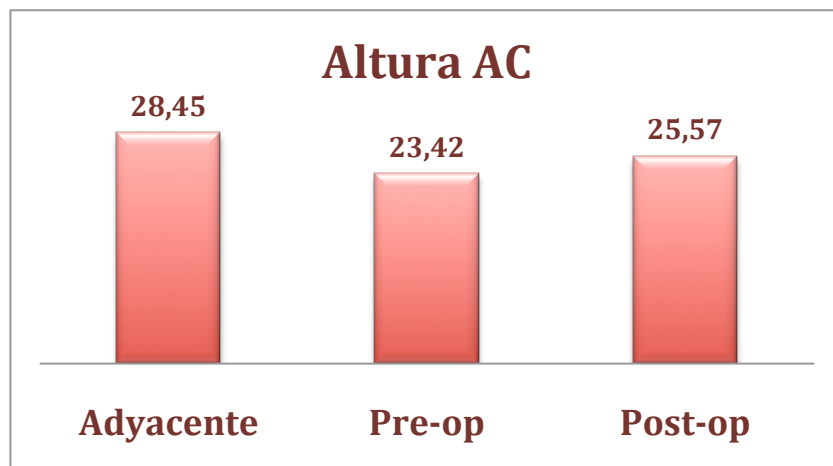


Gráfico.76. Valores de altura vertebral anterior centro por localización de la fractura: L2.

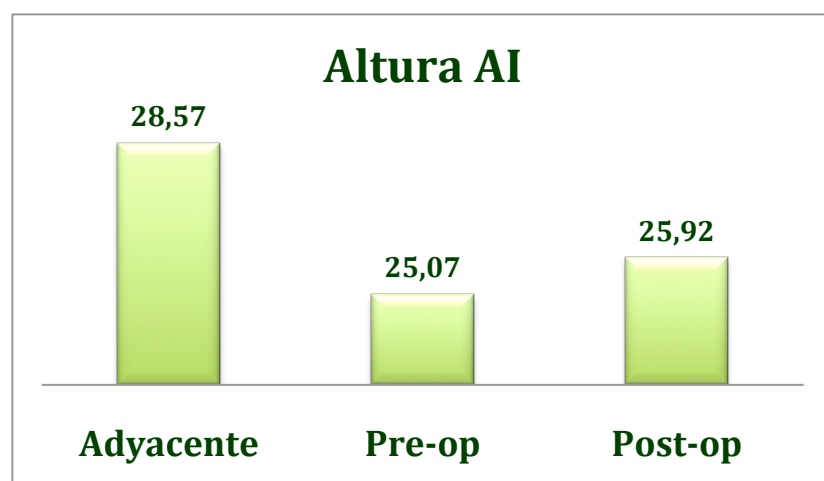


Gráfico.77. Valores de altura vertebral anterior izquierda por localización de la fractura: L2.

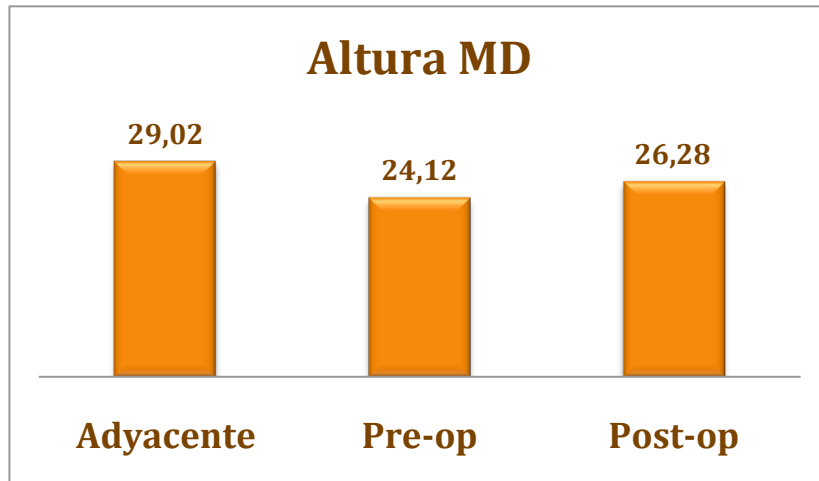


Gráfico.78. Valores de altura vertebral medio derecha por localización de la fractura: L2.

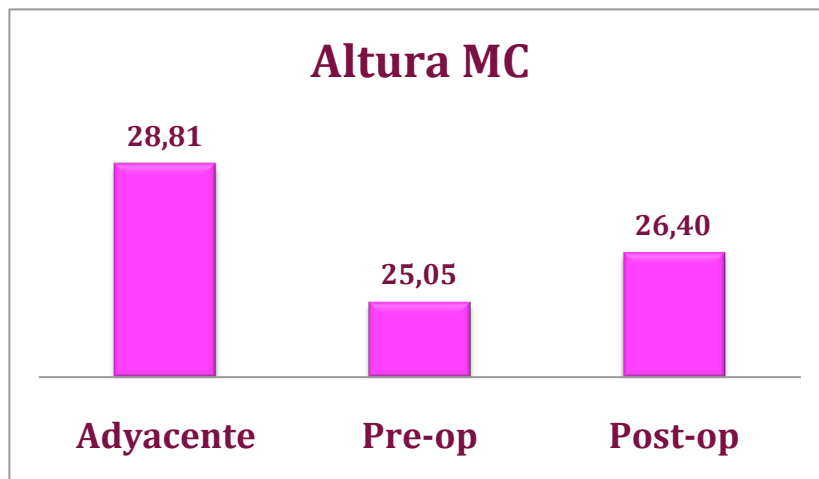


Gráfico.79. Valores de altura vertebral medio centro por localización de la fractura: L2.

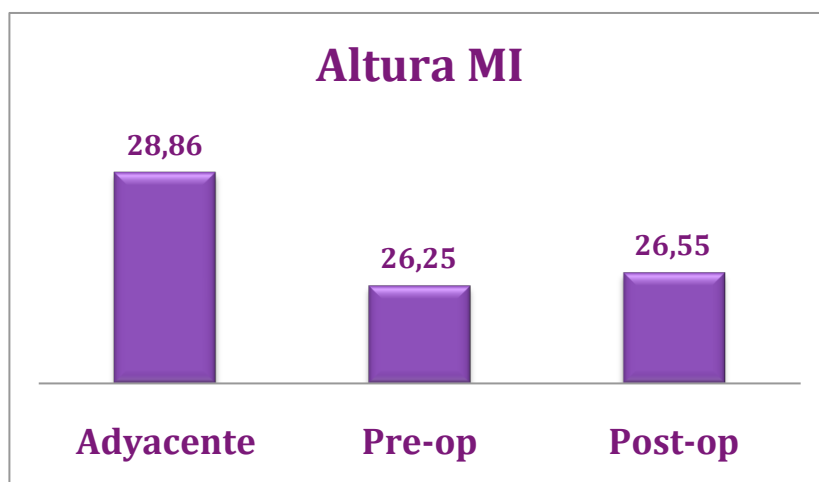


Gráfico.80. Valores de altura vertebral medio izquierda por localización de la fractura: L2.

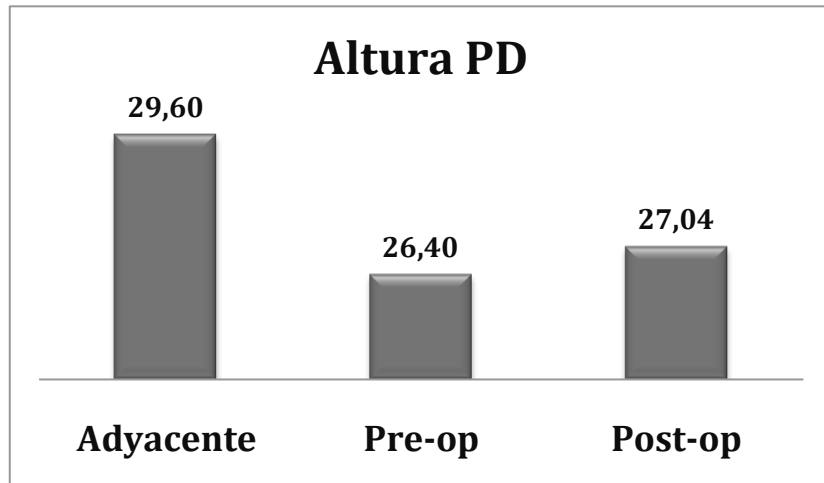


Gráfico.81. Valores de altura vertebral posterior derecha por localización de la fractura: L2.

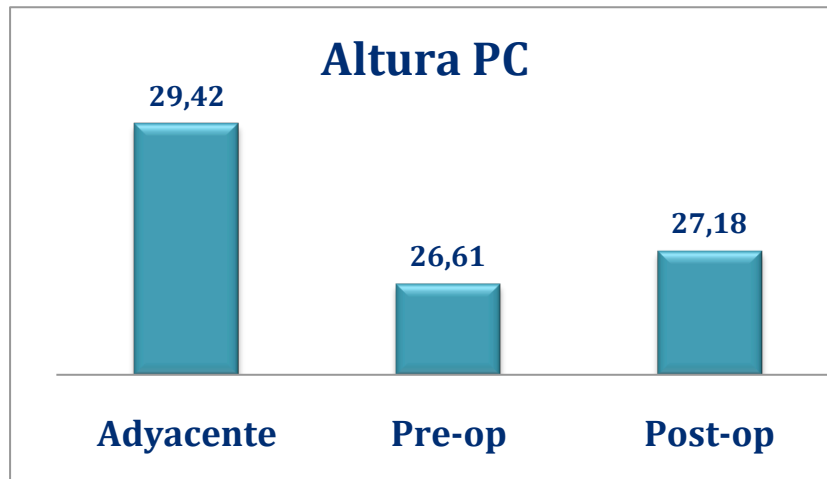


Gráfico.82. Valores de altura vertebral posterior centro por localización de la fractura: L2.

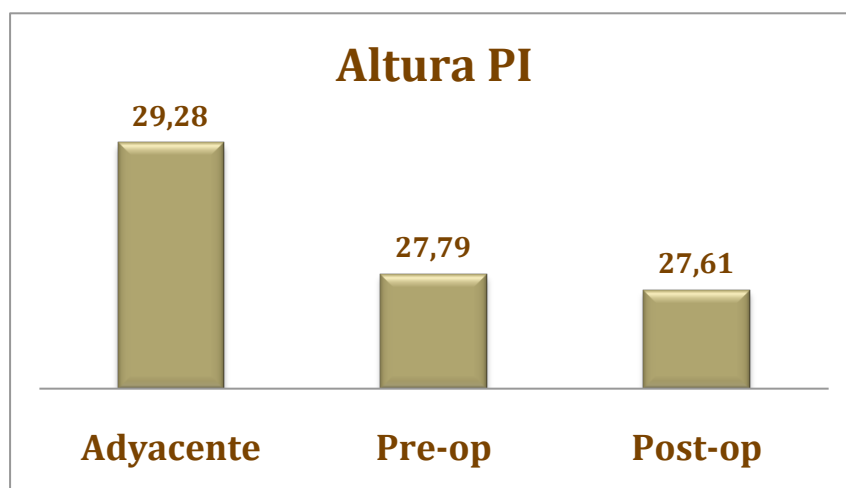


Gráfico.83. Valores de altura vertebral posterior izquierda por localización de la fractura: L2.

		Mediana	Percentiles	
			25	75
Altura AD	Adyacente	25,32	25,24	25,40
	Pre-op	21,20	21,03	21,37
	Post-op	25,15	24,95	25,36
Altura AC	Adyacente	25,51	25,41	25,61
	Pre-op	21,30	21,30	21,31
	Post-op	25,76	25,75	25,77
Altura AI	Adyacente	25,82	25,73	25,91
	Pre-op	22,48	22,42	22,54
	Post-op	26,36	26,36	26,37
Altura MD	Adyacente	26,37	26,34	26,40
	Pre-op	22,74	22,70	22,78
	Post-op	24,69	24,40	24,99
Altura MC	Adyacente	26,62	26,59	26,65
	Pre-op	23,05	23,00	23,11
	Post-op	25,27	25,17	25,36
Altura MI	Adyacente	26,91	26,87	26,94
	Pre-op	23,94	23,85	24,03
	Post-op	25,91	25,83	25,99
Altura PD	Adyacente	27,31	27,17	27,45
	Pre-op	23,95	23,89	24,00
	Post-op	23,87	23,84	23,89
Altura PC	Adyacente	27,66	27,51	27,82
	Pre-op	24,64	24,60	24,67
	Post-op	24,56	24,51	24,60
Altura PI	Adyacente	27,87	27,71	28,04
	Pre-op	25,32	25,30	25,35
	Post-op	25,28	25,25	25,31

Tabla.21.Valores de altura vertebral distribuidos por localización de la fractura: L4



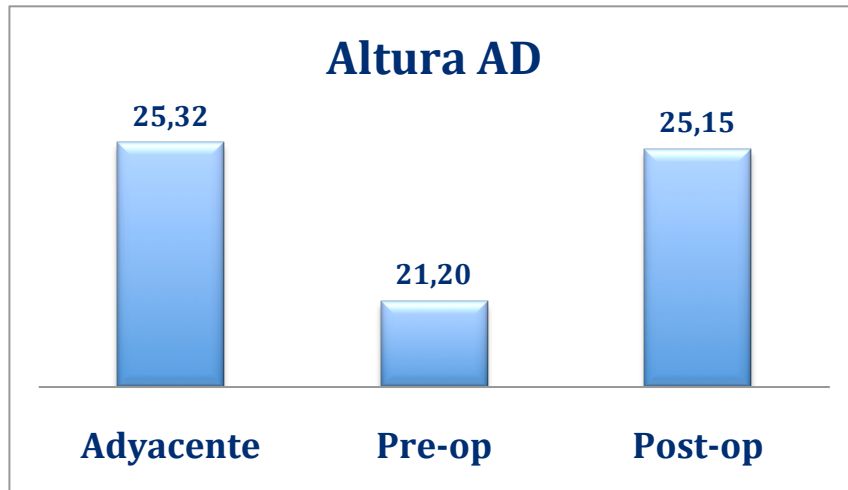


Gráfico.84. Valores de altura vertebral anterior derecha por localización de la fractura: L4.

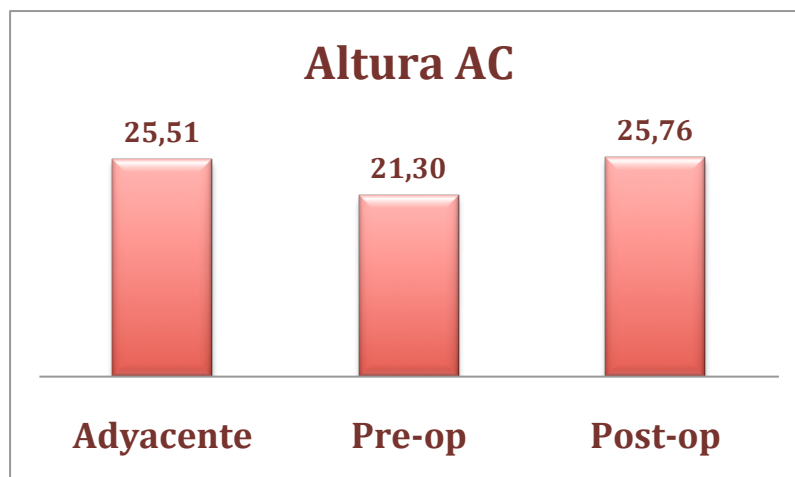


Gráfico.85. Valores de altura vertebral anterior centro por localización de la fractura: L4.

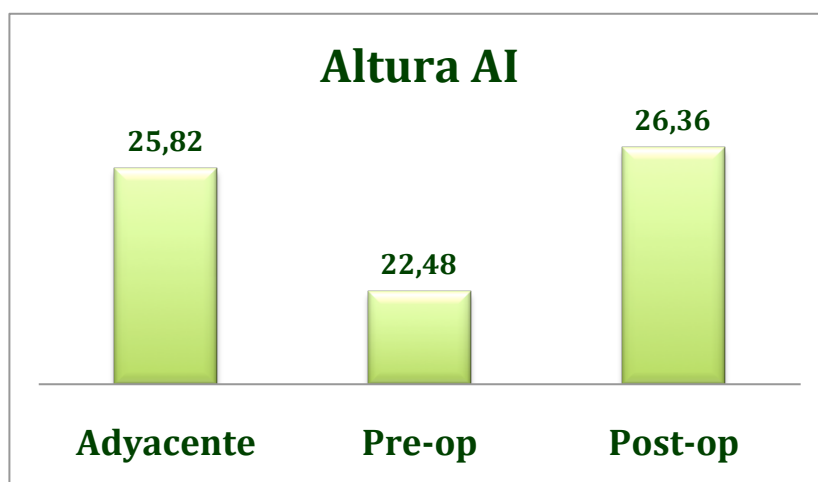


Gráfico.86. Valores de altura vertebral anterior izquierda por localización de la fractura: L4.

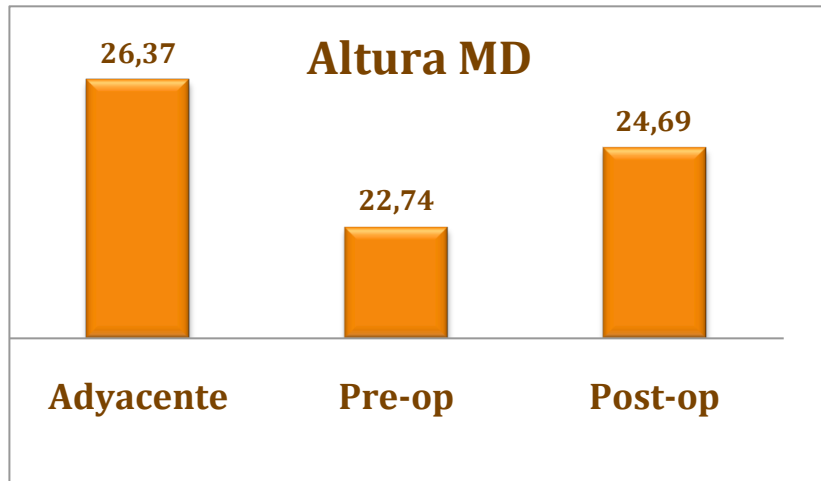


Gráfico.87. Valores de altura vertebral medio derecha por localización de la fractura: L4.

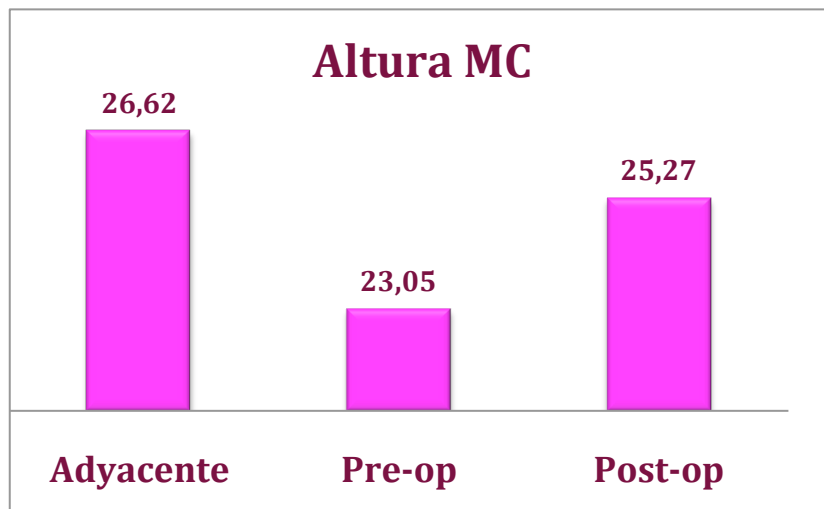


Gráfico.88. Valores de altura vertebral medio centro por localización de la fractura: L4.

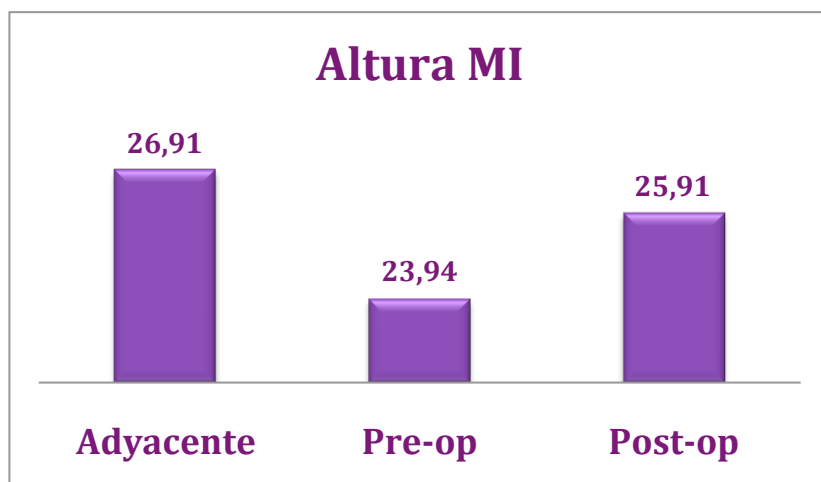


Gráfico.89. Valores de altura vertebral medio izquierda por localización de la fractura: L4.

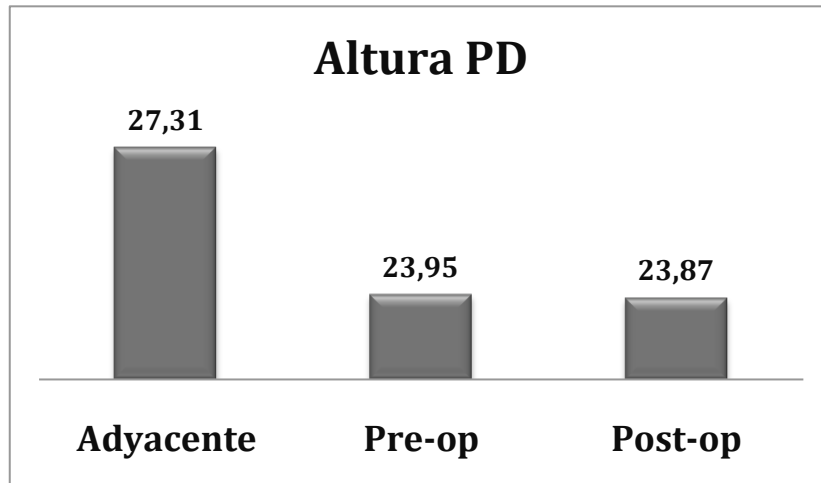


Gráfico.90. Valores de altura vertebral posterior derecha por localización de la fractura: L4.

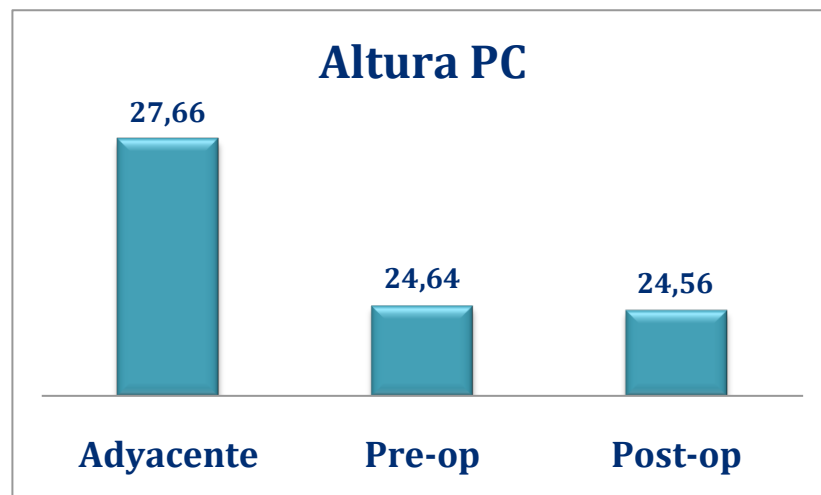


Gráfico.91. Valores de altura vertebral posterior centro por localización de la fractura: L4.

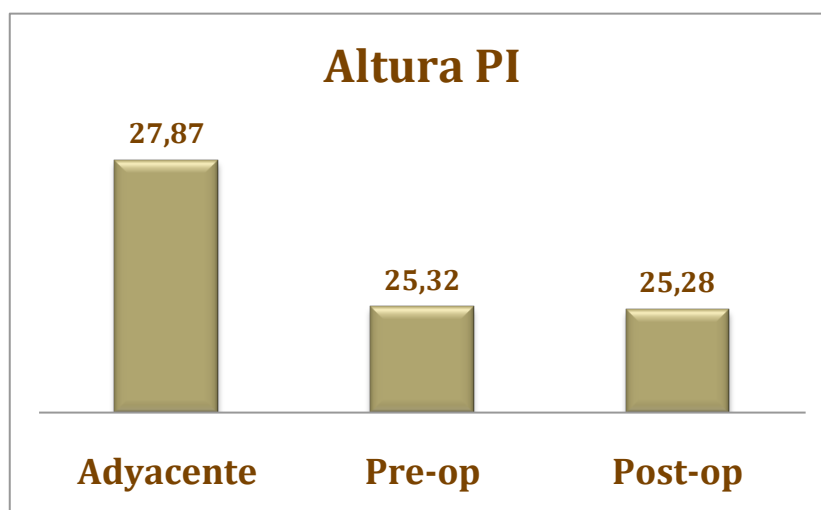


Gráfico.92. Valores de altura vertebral posterior izquierda por localización de la fractura: L4.

		Mediana	Percentiles	
			25	75
Altura AD	Adyacente	23,99	23,95	24,03
	Pre-op	15,05	14,60	15,50
	Post-op	21,93	21,87	21,99
Altura AC	Adyacente	23,81	23,75	23,87
	Pre-op	14,41	13,98	14,83
	Post-op	21,93	21,89	21,98
Altura AI	Adyacente	23,70	23,62	23,78
	Pre-op	14,32	13,97	14,67
	Post-op	22,06	22,01	22,11
Altura MD	Adyacente	23,99	23,96	24,02
	Pre-op	18,08	17,88	18,27
	Post-op	22,56	22,48	22,64
Altura MC	Adyacente	23,86	23,83	23,89
	Pre-op	17,26	16,96	17,56
	Post-op	22,43	22,38	22,47
Altura MI	Adyacente	23,73	23,71	23,75
	Pre-op	16,65	16,45	16,85
	Post-op	22,37	22,33	22,40
Altura PD	Adyacente	24,08	24,08	24,09
	Pre-op	20,32	19,92	20,72
	Post-op	23,10	23,01	23,19
Altura PC	Adyacente	23,94	23,93	23,95
	Pre-op	19,53	19,28	19,78
	Post-op	22,92	22,86	22,97
Altura PI	Adyacente	23,78	23,78	23,79
	Pre-op	19,01	18,89	19,12
	Post-op	22,82	22,77	22,87

Tabla.22. Valores de altura vertebral distribuidos por localización de la fractura: T10.

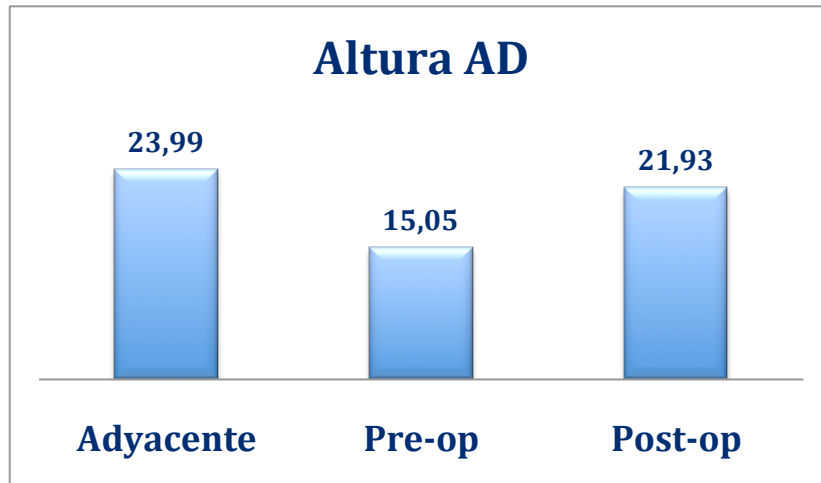


Gráfico.93. Valores de altura vertebral anterior derecha por localización de la fractura: T10.

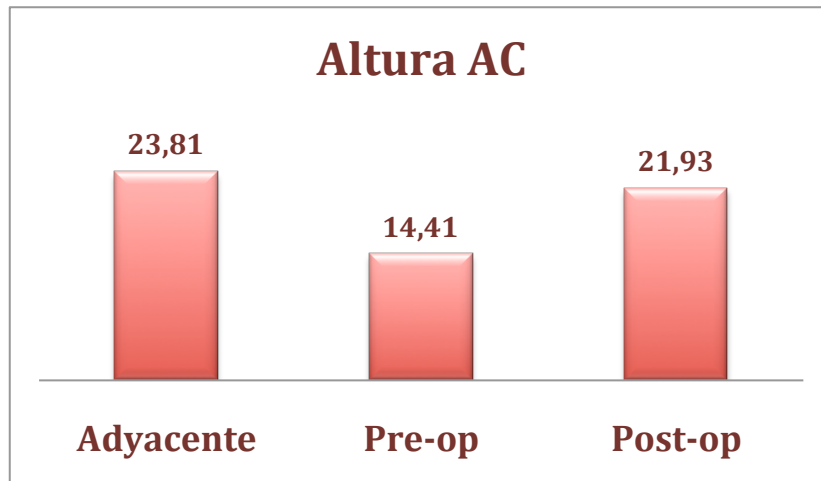


Gráfico.94. Valores de altura vertebral anterior centro por localización de la fractura: T10.

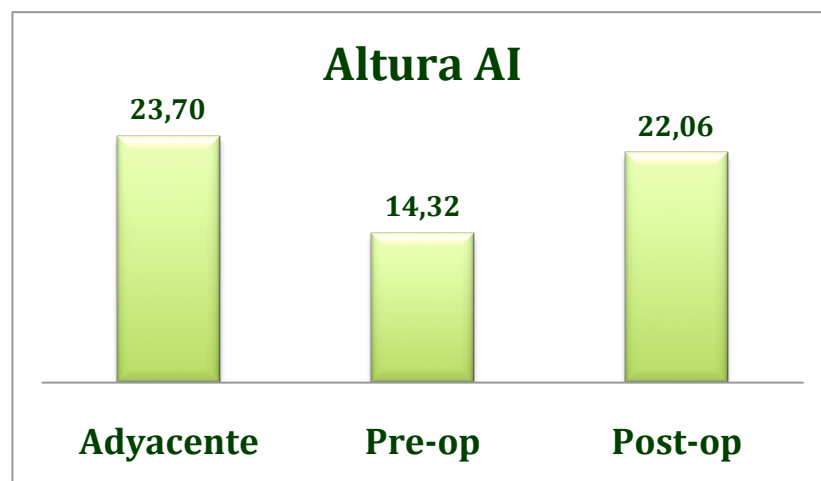


Gráfico.95. Valores de altura vertebral anterior izquierda por localización de la fractura: T10.

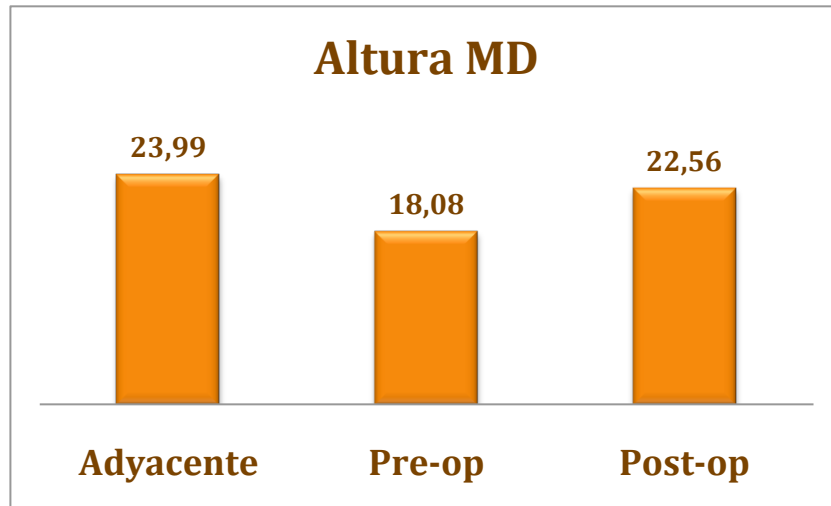


Gráfico.96. Valores de altura vertebral medio derecha por localización de la fractura: T10.

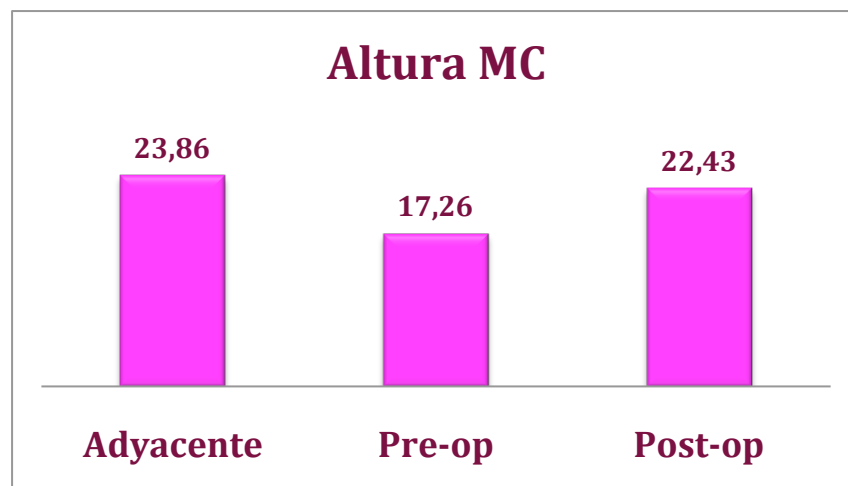


Gráfico.97. Valores de altura vertebral medio centro por localización de la fractura: T10.

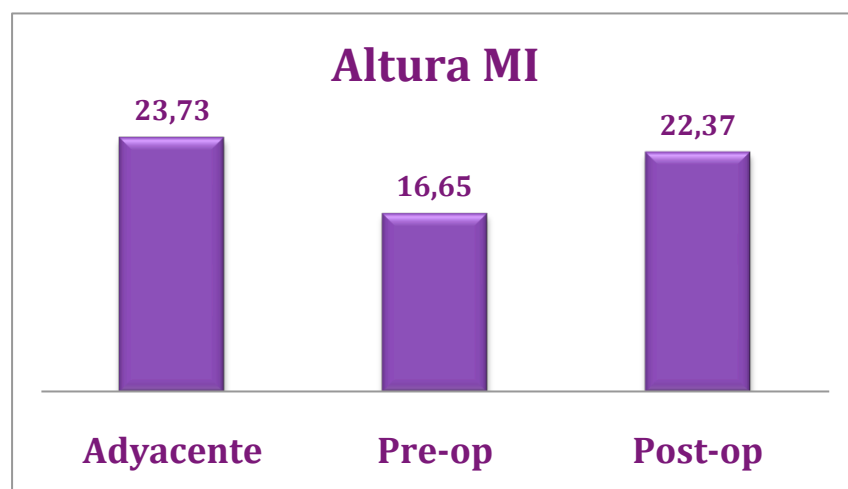


Gráfico.98. Valores de altura vertebral medio izquierda por localización de la fractura: T10.

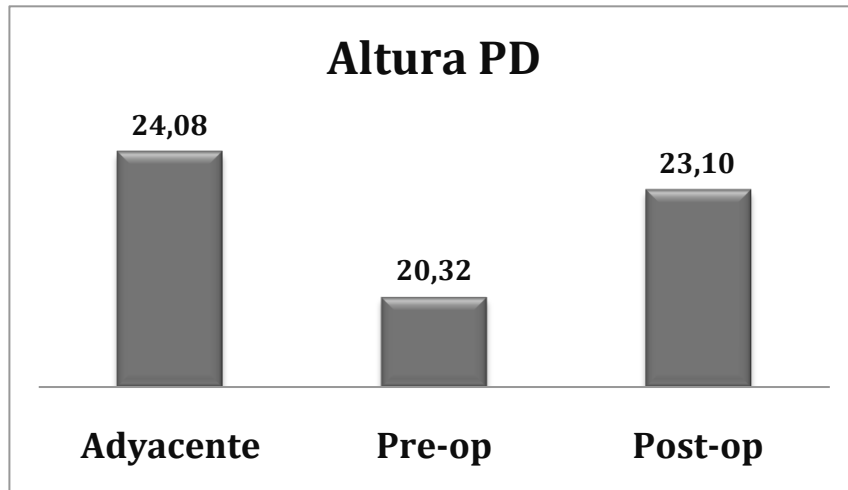


Gráfico.99. Valores de altura vertebral posterior derecha por localización de la fractura: T10.

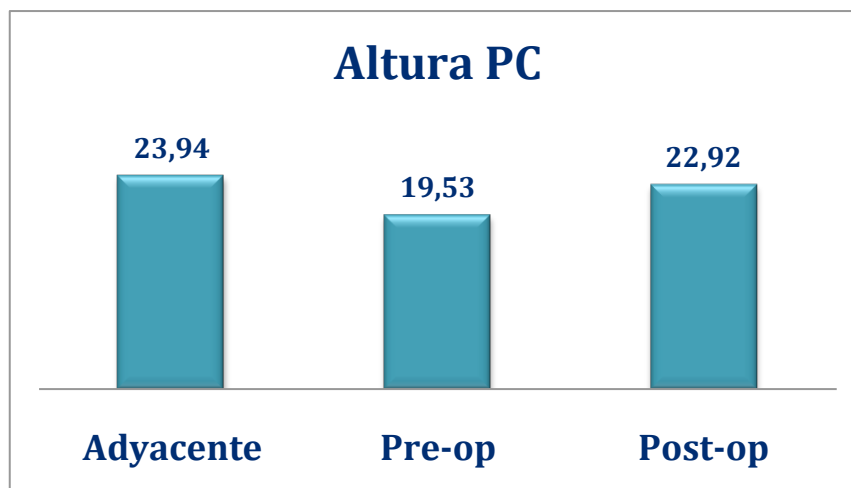


Gráfico.100. Valores de altura vertebral posterior centro por localización de la fractura: T10.

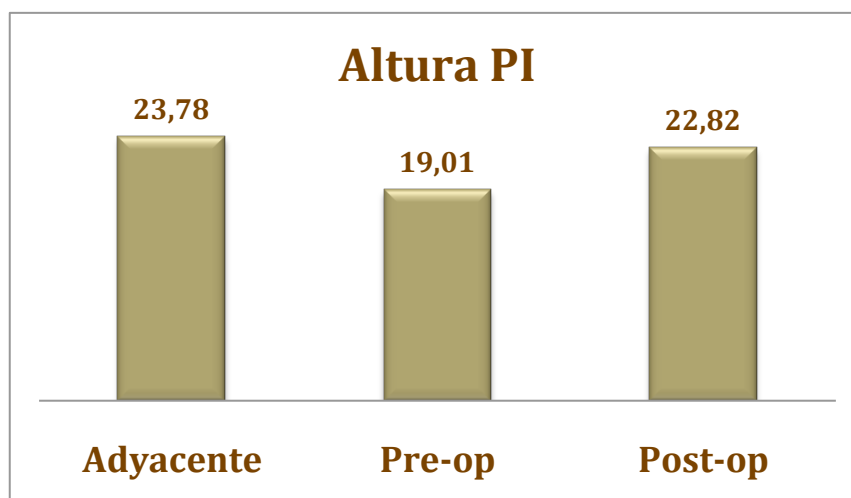


Gráfico.101. Valores de altura vertebral posterior izquierda por localización de la fractura: T10.

		Mediana	Percentiles	
			25	75
Altura AD	Adyacente	22,91	21,88	22,96
	Pre-op	16,97	16,05	17,87
	Post-op	19,10	17,75	21,05
Altura AC	Adyacente	22,70	21,96	22,79
	Pre-op	16,77	16,32	17,66
	Post-op	19,23	18,12	21,13
Altura AI	Adyacente	22,59	21,88	22,82
	Pre-op	17,27	16,77	17,81
	Post-op	19,60	18,73	21,13
Altura MD	Adyacente	23,39	22,23	23,83
	Pre-op	19,17	18,33	20,44
	Post-op	20,30	19,45	21,60
Altura MC	Adyacente	23,28	22,14	23,57
	Pre-op	19,39	19,04	20,18
	Post-op	20,55	19,88	21,62
Altura MI	Adyacente	23,18	22,26	23,36
	Pre-op	19,72	19,41	20,29
	Post-op	20,78	20,46	21,76
Altura PD	Adyacente	24,28	22,59	24,64
	Pre-op	21,35	20,57	23,19
	Post-op	21,54	21,21	23,22
Altura PC	Adyacente	24,11	22,73	24,38
	Pre-op	21,66	21,17	23,15
	Post-op	21,85	21,73	23,25
Altura PI	Adyacente	23,94	22,62	24,11
	Pre-op	21,97	21,87	23,06
	Post-op	22,25	21,97	23,49

Tabla.23. Valores de altura vertebral distribuidos por localización de la fractura: T12.



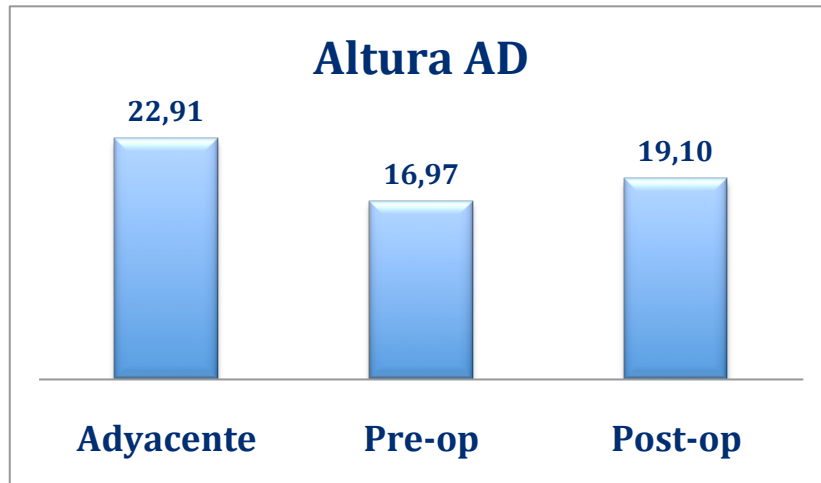


Gráfico.102. Valores de altura vertebral anterior derecha por localización de la fractura: T12.

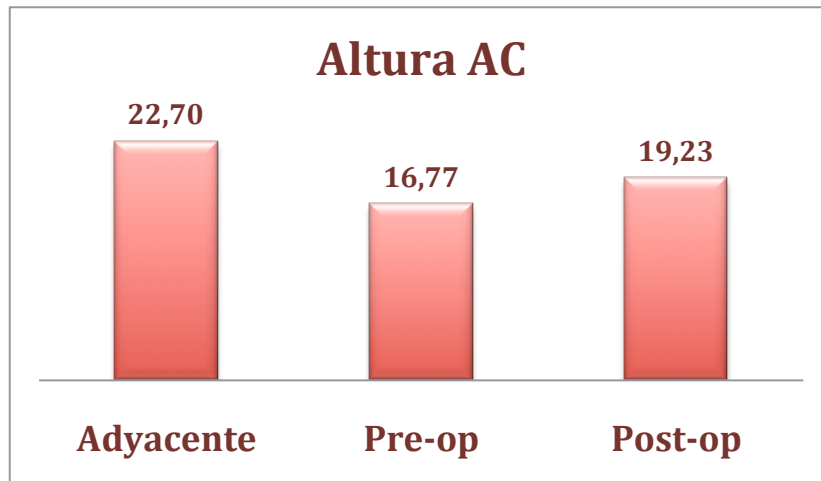


Gráfico.103. Valores de altura vertebral anterior centro por localización de la fractura: T12.

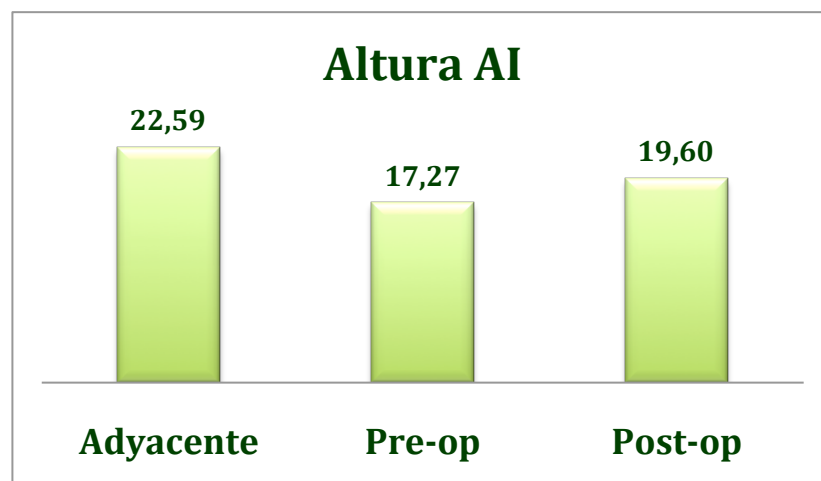


Gráfico.104. Valores de altura vertebral anterior izquierda por localización de la fractura: T12.

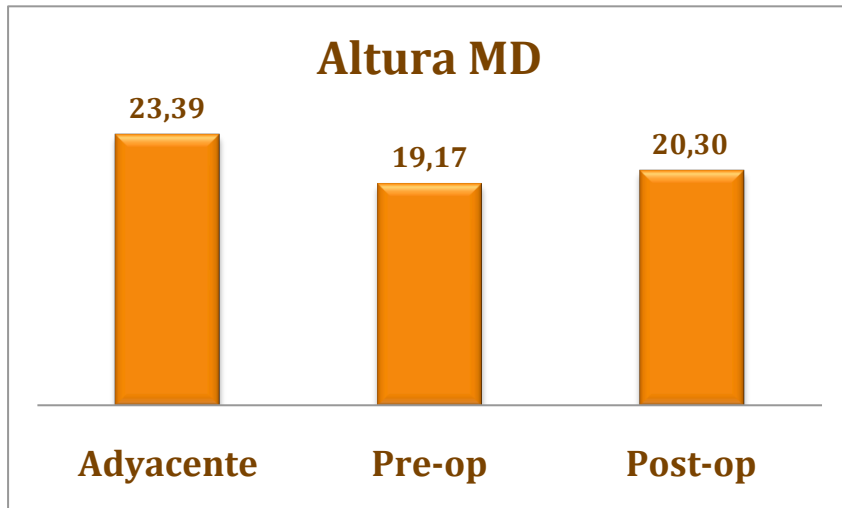


Gráfico.105. Valores de altura vertebral medio derecha por localización de la fractura: T12.

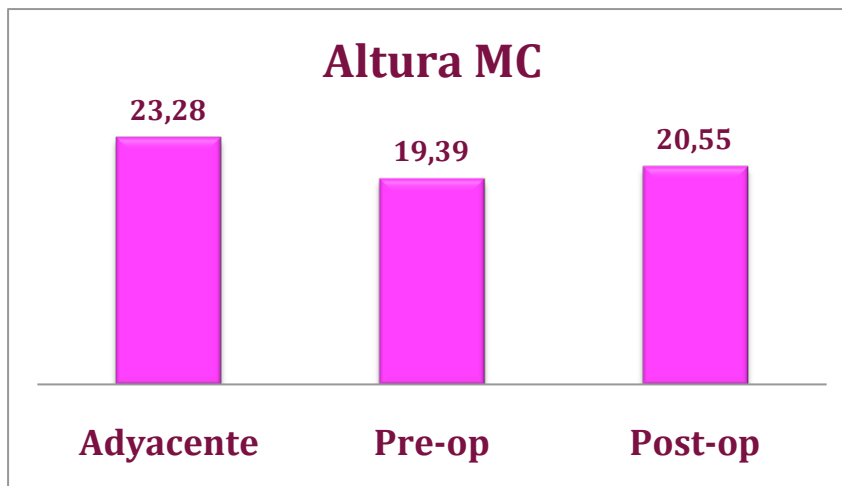


Gráfico.106. Valores de altura vertebral medio centro por localización de la fractura: T12.

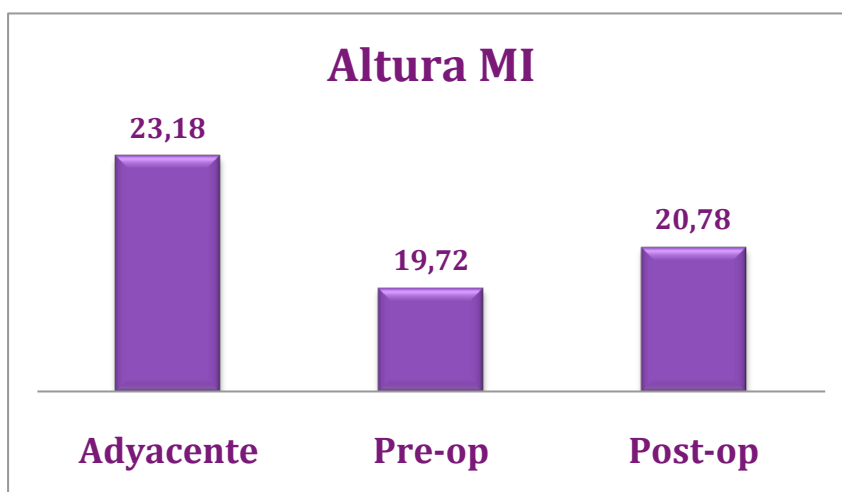


Gráfico.107. Valores de altura vertebral medio izquierda por localización de la fractura: T12.

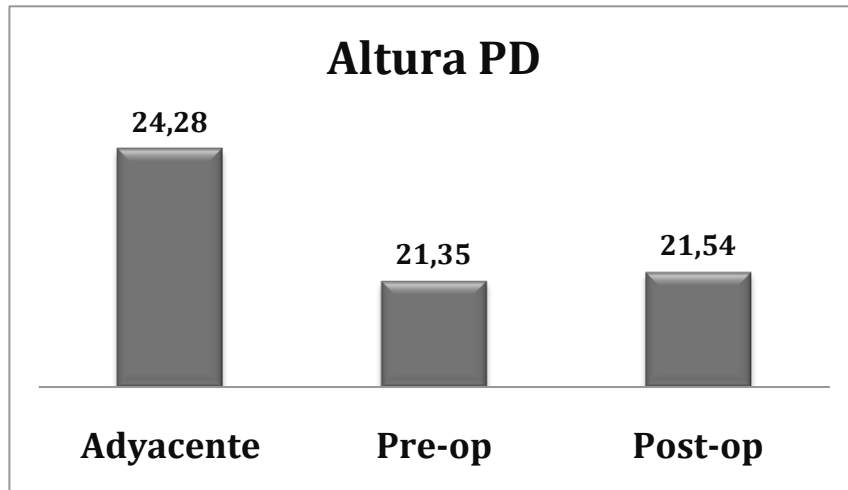


Gráfico.108. Valores de altura vertebral posterior derecha por localización de la fractura: T12.

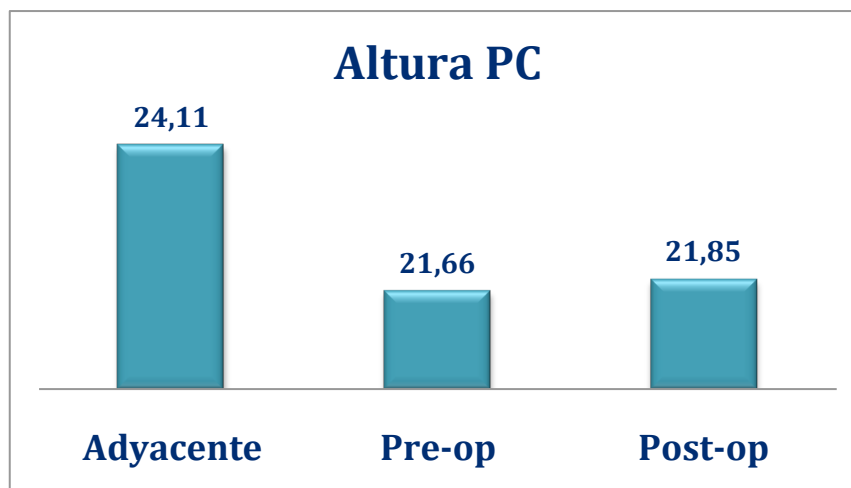


Gráfico.109. Valores de altura vertebral posterior centro por localización de la fractura: T12.

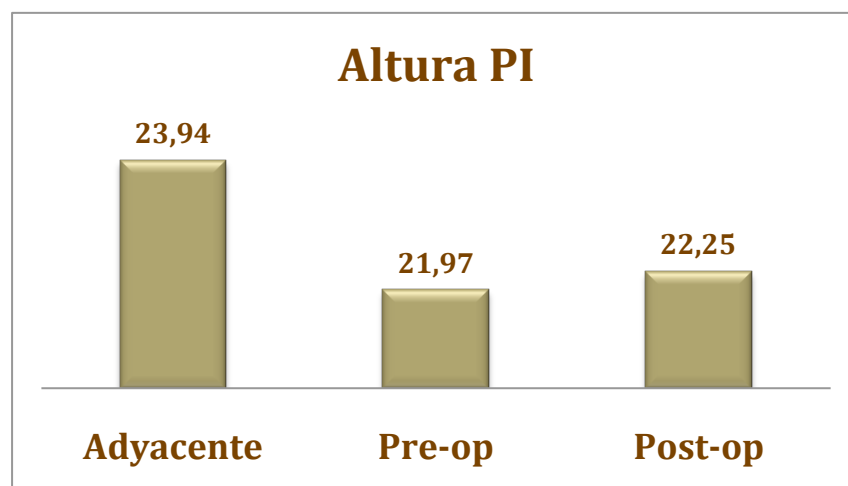


Gráfico.110. Valores de altura vertebral posterior izquierda por localización de la fractura: T12.

### **10.9.3. ALINEAMIENTO SAGITAL**

El control de la alineación sagital se ha realizado midiendo de forma tridimensional el ángulo que está determinado por el platillo vertebral superior de la segunda vértebra craneal a la fracturada y por el platillo vertebral inferior de la segunda vértebra caudal a la fracturada, excepto en las situaciones anatómicas que involucren al a vértebra S1, en cuyo caso se utilizara el platillo vertebral superior de S1.

El valor medio preoperatorio del ángulo tridimensional ha sido de  $11,59 \pm 3,99$ , con una mediana de 12,12 (RI 4,33) , no siguiendo sus valores una distribución normal, por lo que para el análisis de los valores angulares se han utilizado pruebas no paramétricas. (Grafico 111)

El valor medio postcirugía del ángulo tridimensional ha sido de 5,9 con una mediana de 5,5 (RI 3,62). (Grafico 111)

La cifosis regional y el balance sagital del raquis han presentado una mejoría estadísticamente significativa en términos de valor angular, así como una gran homogeneidad en la recuperación de los valores angulares.

En cuanto a la angulación medida con el centro en la vértebra adyacente, en el postoperatorio, el valor de la media ha sido de 3,13, con una mediana de 3,54 (RI 2,6). (grafico111)

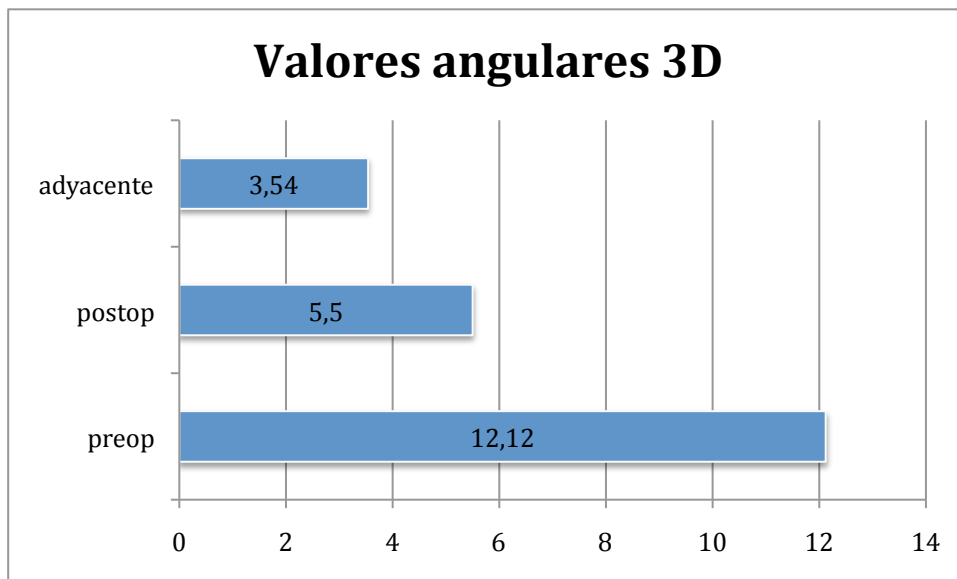


Gráfico.111. Mediana del Ángulo 3D de la vértebra adyacente, preoperatorio y postoperatorio.

No conviene olvidar que el cambio de un segmento vertebral por encima de la vértebra fracturada va a presentar valores angulares diferentes al segmento afecto, por lo que a pesar de estas reservas lo hemos utilizado con el fin de tener un parámetro de referencia que permitiera valorar la influencia de la reducción en el perfil sagital.

En el análisis comparativo del ángulo 3D entre la situación preoperatoria y la postoperatoria la evolución en cuanto a la reducción de la cifosis ha sido notable con una evolución de la mediana de 12,13° a 5,50°, siendo la diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,001$ ). (Tabla 24)(Gráfico 112)

Si comparamos el ángulo postoperatorio con respecto al ángulo centrado sobre la vértebra supraadyacente, el valor de la mediana postoperatoria es de 5,5° y el de la vértebra adyacente es de 3,54° ( $p < 0,001$ ), si bien se ha producido una reducción

de la diferencia significativa con respecto a la comparación preoperatorio-adyacente. (Tabla 24)(Gráficos 113-114)

		Mediana	Amplitud Intercuartil	p-valor
Angl3D	Pre-op	12,13	4,33	<0,001
	Post-op	5,5	3,63	
Angl3D	vértebra adyacente	3,54	2,6	<0,001
	Post-op	5,5	3,63	

Tabla.24. Comparación de valores angulares preop.-postop. y postop.-adyacente.

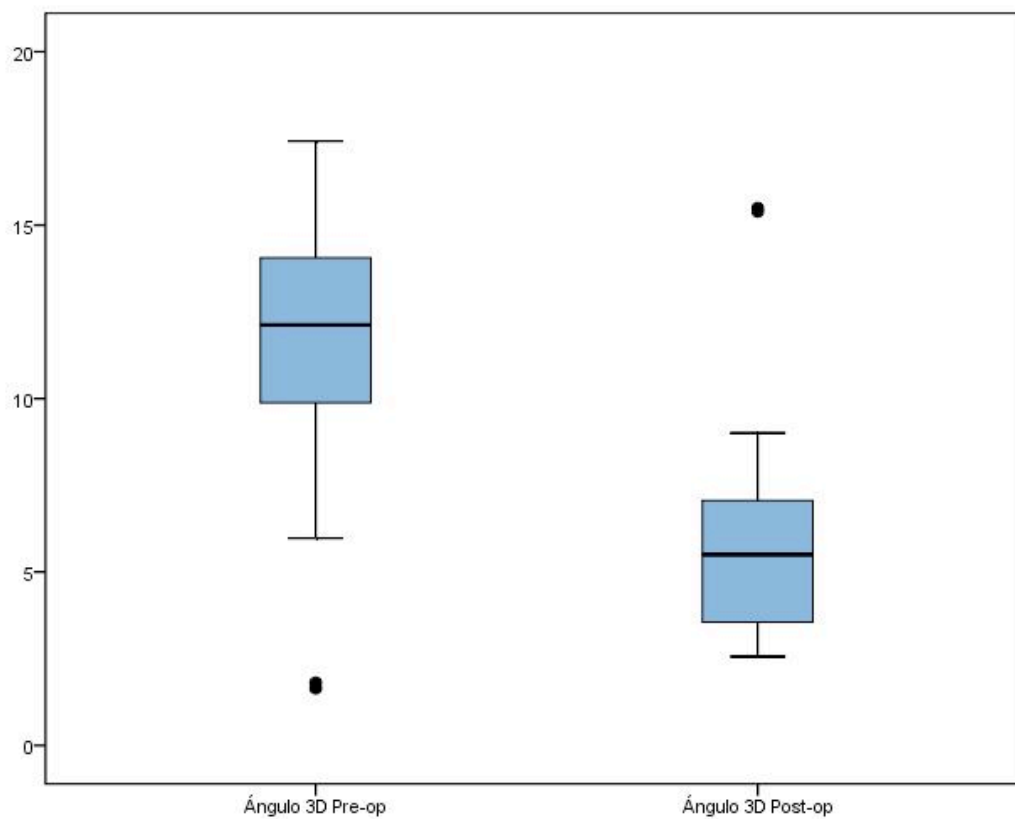


Gráfico.112. Valores angulares preoperatorio-postoperatorio.

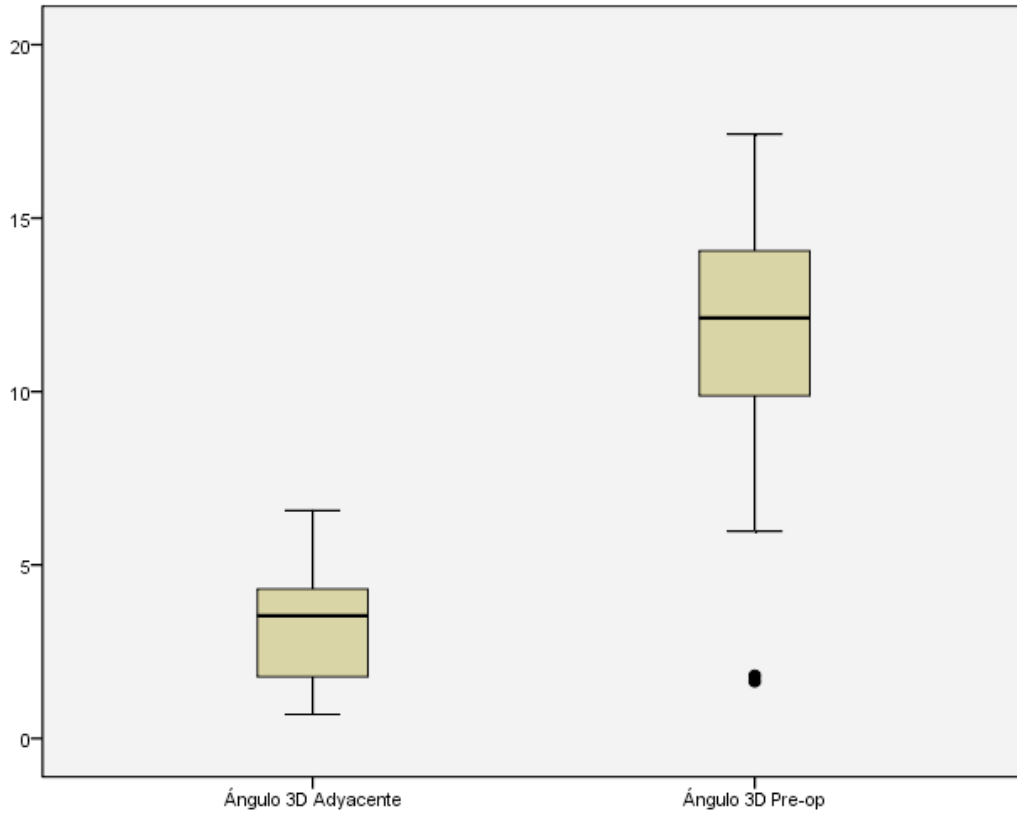


Gráfico.113. Valores angulares preoperatorio-adyacente en la muestra global.

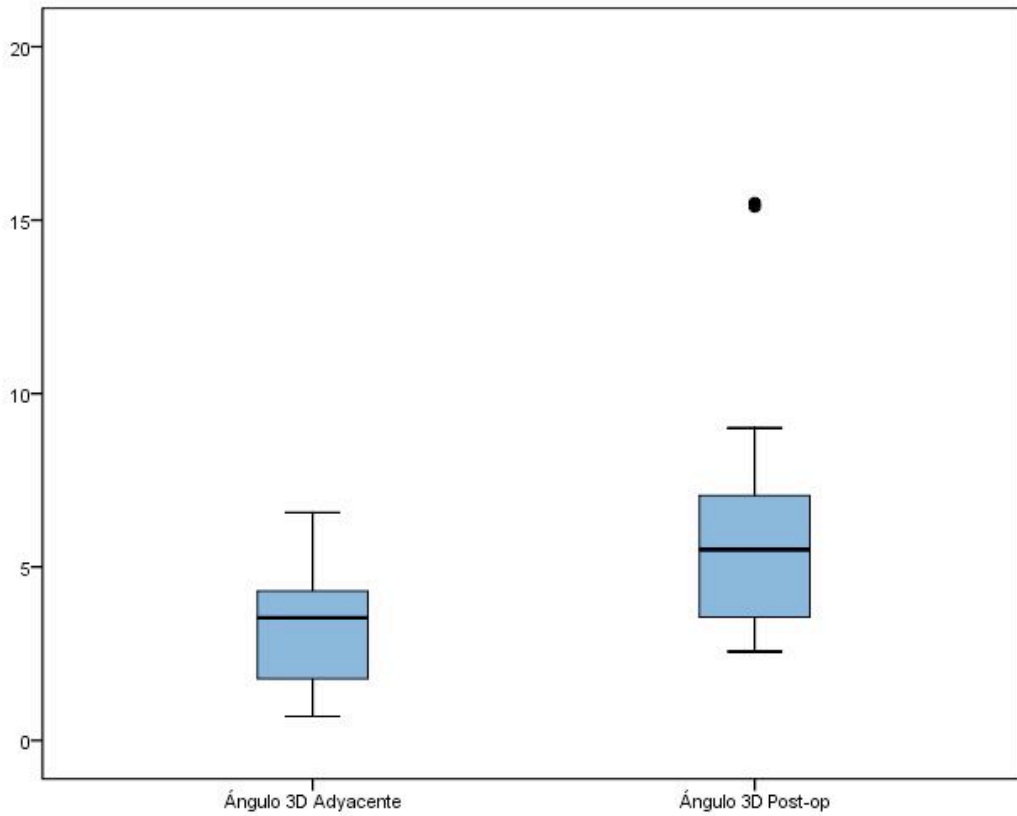


Gráfico.114. Valores angulares postoperatorio-adyacente en la muestra global.

El análisis del ángulo 3D por sexos, no indica que no existen diferencias significativas en la distribución de los valores angulares entre el grupo de hombres y el grupo de mujeres ni en los valores preoperatorios, postoperatorios ni en la vértebra adyacente. (Tabla 25)

		Mediana	Amplitud intercuartil	P valor
Preoperatorio	Hombres	12,33	8,82	0,107
	Mujeres	12,09	4,13	
Post-op	Hombres	3,82	4,04	0,961
	Mujeres	1,23	0,82	
vértebra adyacente	Hombres	4,11	2,43	0,097
	Mujeres	2,36	2,60	

Tabla.25. Valores ángulo 3D en grupo de hombres-mujeres en los 3 grupos de análisis preoperatorio, postoperatorio y adyacente.

En la comparación del ángulo 3D preoperatorio y postoperatorio por sexo. En el grupo de hombres existen diferencias de 8,5<sup>a</sup> de mejora del valora angular, siendo dichas diferencias estadísticamente significativas. (Tabla 26) (Grafico 115)

		Mediana	Amplitud Intercuartil	p-valor
Angl3D	Pre-op	12,33	8,82	0,005
	Post-op	3,82	4,04	

Tabla.26. Comparación de valores angulares 3D grupo hombres entre preoperatorio y postoperatorio.

En el grupo de mujeres existen diferencias superiores a 6°, siendo estadísticamente significativas. (Tabla 27) (Grafico 115)

Angl3D	Pre-op	12,09	4,13	0,001
	Post-op	6,01	3,05	

Tabla.27. Comparación de valores angulares 3D grupo mujeres entre preoperatorio y postoperatorio.



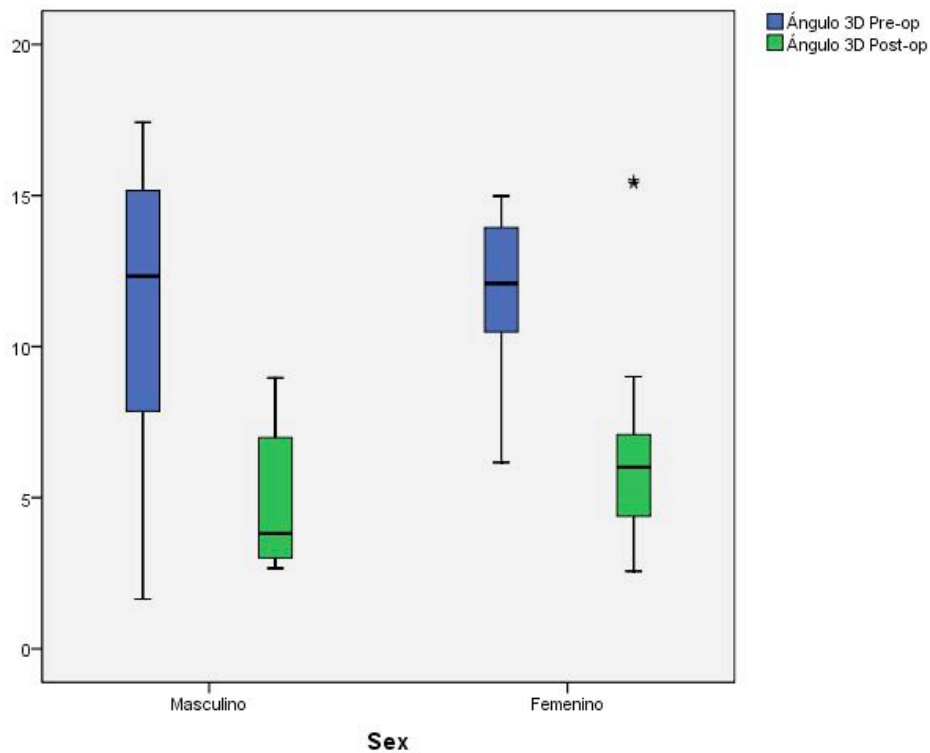


Gráfico.115. Valores angulares por sexo en preoperatorio y postoperatorio.

En la comparación del ángulo 3D de la vértebra operada con la vértebra adyacente por grupos nos encontramos que en hombres las diferencias angulares son inferiores a  $0,5^\circ$ , no siendo estadísticamente significativas, y en las mujeres la diferencia angular es de  $1,13^\circ$ , siendo estadísticamente significativas. (Tabla 28) (Gráfico 116)

		Mediana	Amplitud Intercuartil	p-valor
Hombres	vértebra adyacente	4,11	2,43	0,117
	Post-op	3,82	4,04	
Mujeres	vértebra adyacente	2,36	2,6	0,003
	Post-op	1,23	0,82	

Tabla.28. Comparación mediana ángulo 3D por sexos entre postoperatorio y vértebra adyacente.

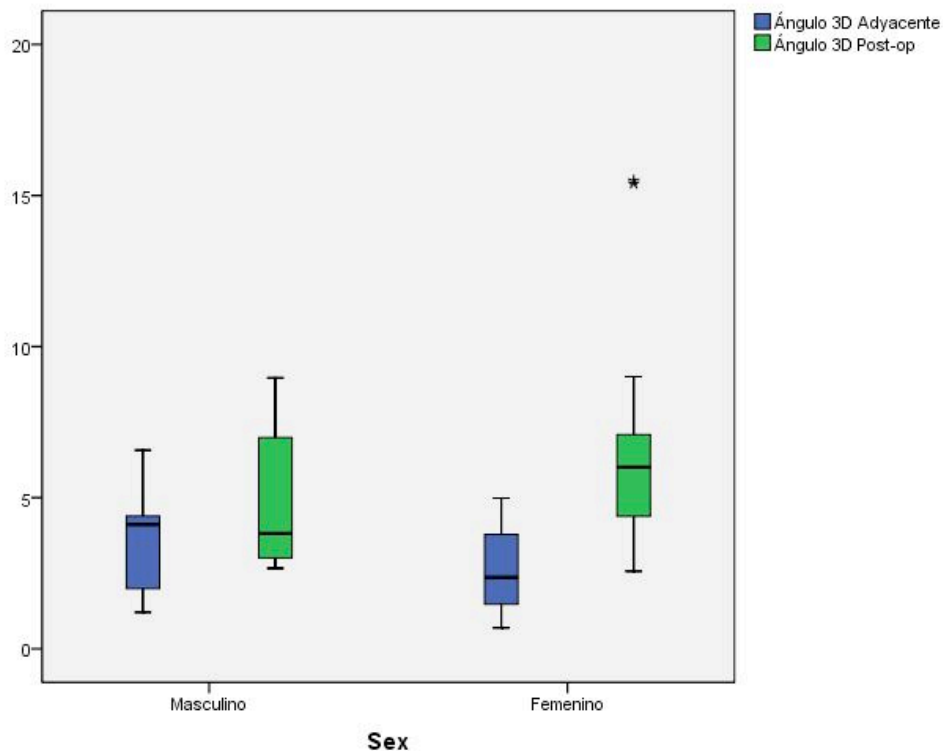


Gráfico.116. Valores angulares por sexos en el postoperatorio y adyacente.

El análisis de los resultados angulares por grupos de edad nos refleja que la distribución de ambos es homogénea, tanto en los valores preoperatorios, postoperatorios como de la vértebra adyacente. No existiendo diferencias significativas en los valores angulares entre los grupos de menores de 55 años y mayores o iguales a 55 años. (Tabla 29)

	Grupos de Edad	Media	Desviación típica	p-valor
vértebra adyacente	<55 años	3,03	1,78	0,794
	>= 55 años	3,2	1,55	
Preop	< 55 años	12,32	4,18	0,920
	>= 55 años	12,13	4,48	
Postop	< 55 años	5,82	3,26	1,000
	>= 55 años	4,66	4,79	

Tabla.29.Valores angulares 3D por grupos de edad en los momentos evolutivos del estudio

Comparando el ángulo 3D preoperatorio con el postoperatorio, en el grupo de menores de 55 años, existe mejoría angular media de 6,81°. En el grupo de mayores de 55 años la mejoría angular 3D es de 5,03 en el postoperatorio. Ambos incrementos son estadísticamente significativos ( $p < 0,001$ ). (Grafico 117)

La comparación entre la situación de máxima restauración y la vértebra adyacente en el grupo de menores presenta una diferencia de 2,2°, no siendo estadísticamente significativa. En el grupo de los mayores la diferencia es 3,1°, siendo dicho resultado estadísticamente significativo ( $p < 0,05$ ). (Grafico 118)

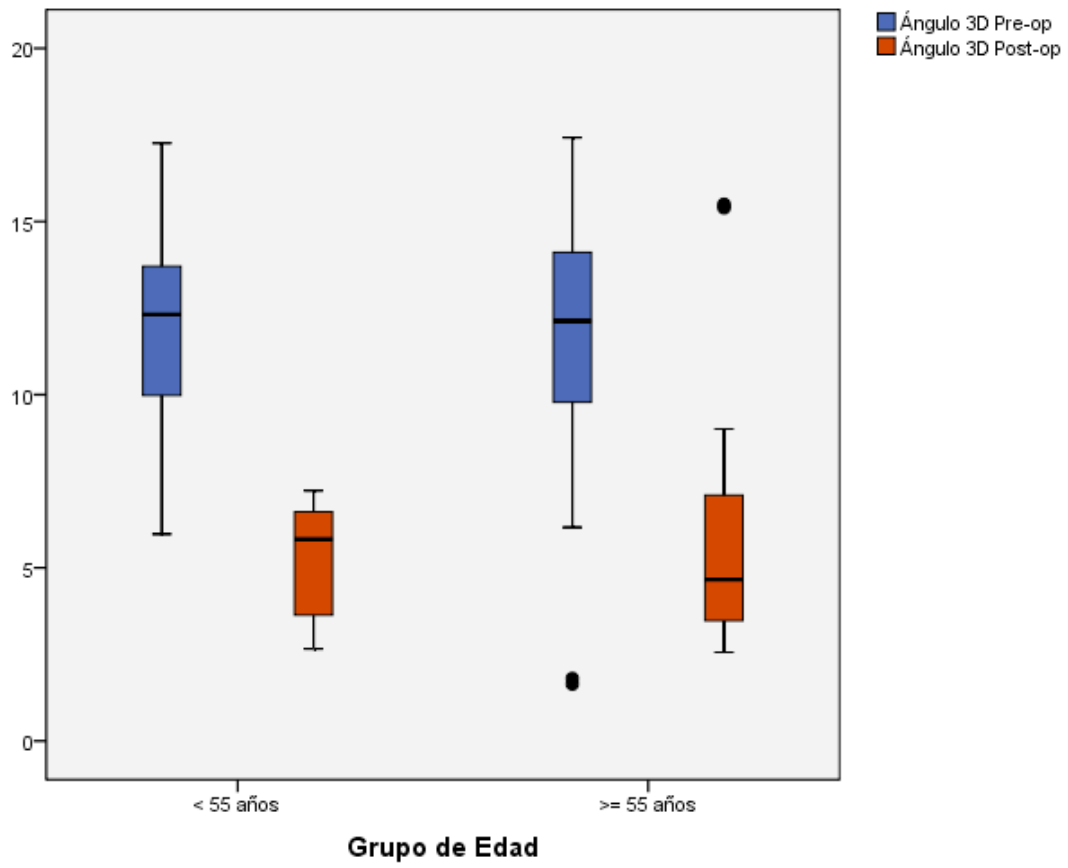


Gráfico.117. Valores angulares 3D pre-post. por grupos de edad.

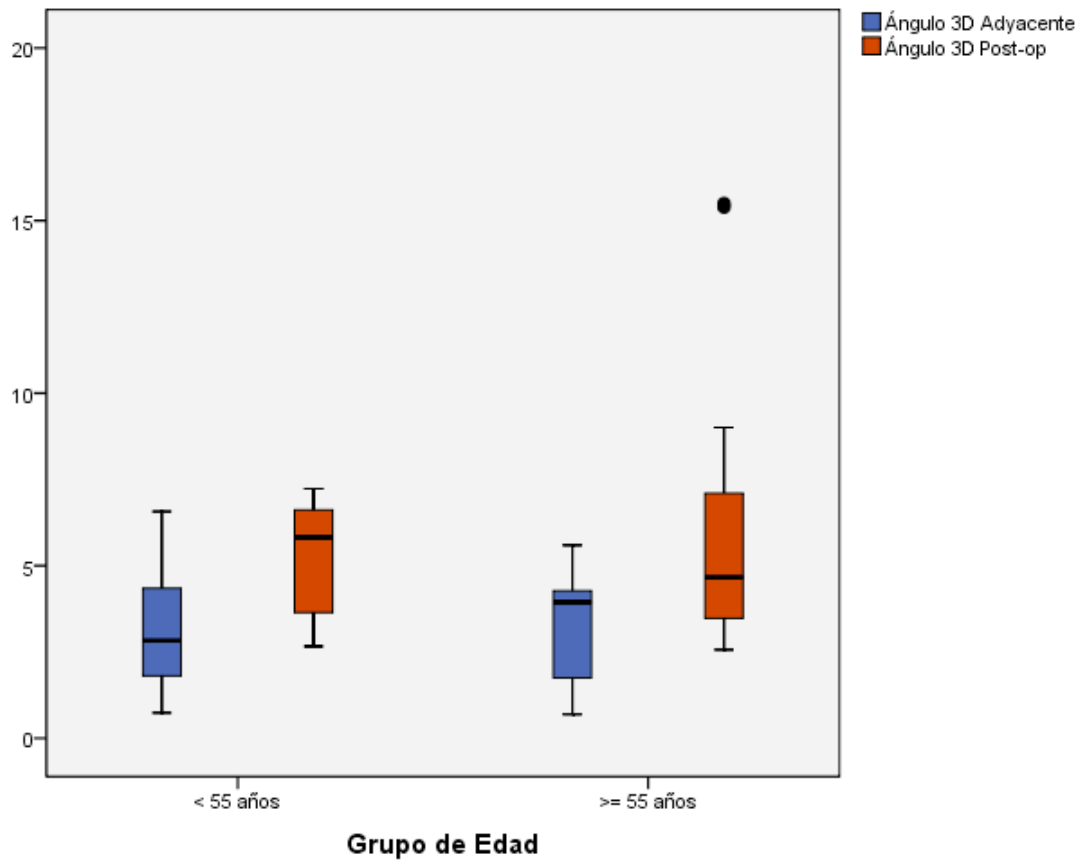


Gráfico.118. Valores angulares 3D postoperatorio-adyacente por grupos de edad.

#### 10.9.4. DOLOR

La mediana de la escala EVA en el momento de inclusión de los pacientes al estudio clínico ha sido de 7 con un rango intercuartílico (RI) de 1. La evolución de la mediana a lo largo del estudio ha sido de 3 (RI:1) en el momento del alta hospitalaria, 2,15 a los 6 meses de evolución (RI:1,2) y de 1,5 a los 12 meses de evolución (RI:1,65), siendo las diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ) en la muestra global en todos los momentos de seguimiento del estudio.

(Gráfico 119)

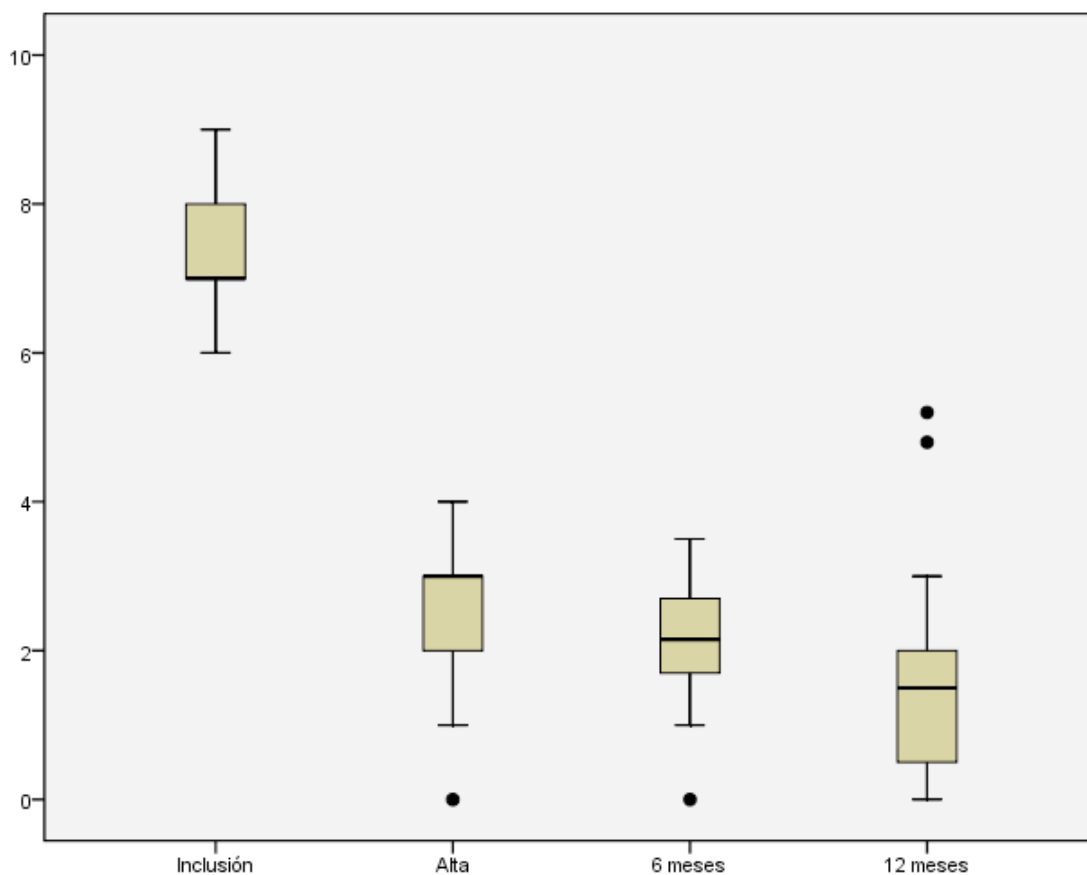


Gráfico.119. Datos de valores EVA de la muestra global en los distintos momentos de seguimiento del estudio clínico.

En el análisis de los grupos por sexo nos encontramos que en el grupo de las mujeres el valor de la mediana de datos de EVA ha sido 7 en el momento de la inclusión, evolucionando a 3 en el momento del alta hospitalaria, 2,15 a los 6 meses de seguimiento y 1,5 a los 12 meses postcirugía con  $p < 0,001$  entre todos los valores en los distintos momentos del seguimiento. (Tabla 30)(Grafico 120)

	Hombres		Mujeres	
	Mediana	RI	Mediana	RI
Inclusión	7	1,8	7	1
Alta Hospitalaria	2,5	1	3	1
6 meses postop	2,1	1,8	2,15	1,2
12 meses postop	1,25	1,5	1,5	2,2

Tabla.30. Valores EVA en función del sexo en el preoperatorio, alta hospitalaria, 6 y 12 meses postoperatorio.

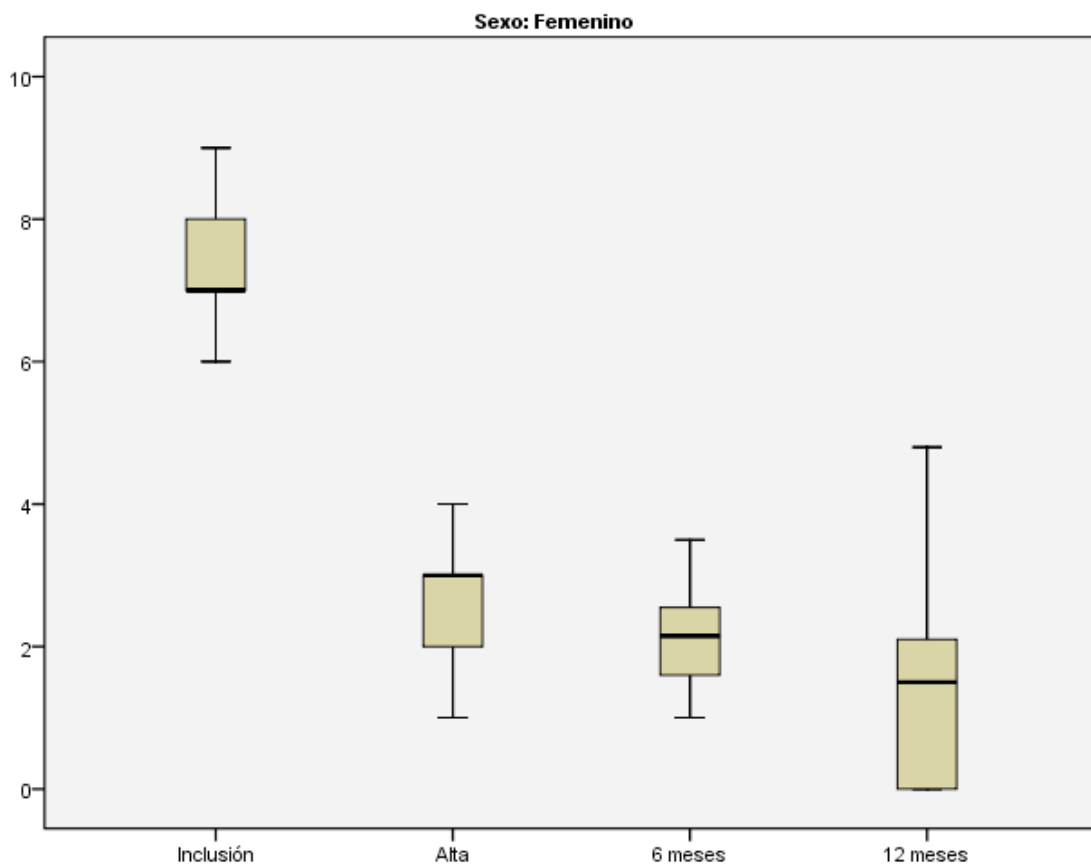


Gráfico.120. Valores de EVA en los distintos momentos evolutivos del estudio en función de distribución por sexo: femenino.

En el grupo de varones la evolución de la mediana del EVA ha sido de 7 en el momento de la inclusión, 2,5 al alta hospitalaria, 2,1 a los 6 meses postcirugía y 1,25 a los 12 meses de seguimiento. En este grupo únicamente han existido diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ) entre los valores de EVA preoperatorio, alta hospitalaria y 12 meses de evolución. No apreciándose cambios



significativos entre el alta hospitalaria y los 6 meses de evolución, ni entre los 6 y 12 meses de evolución. (Grafico 121)

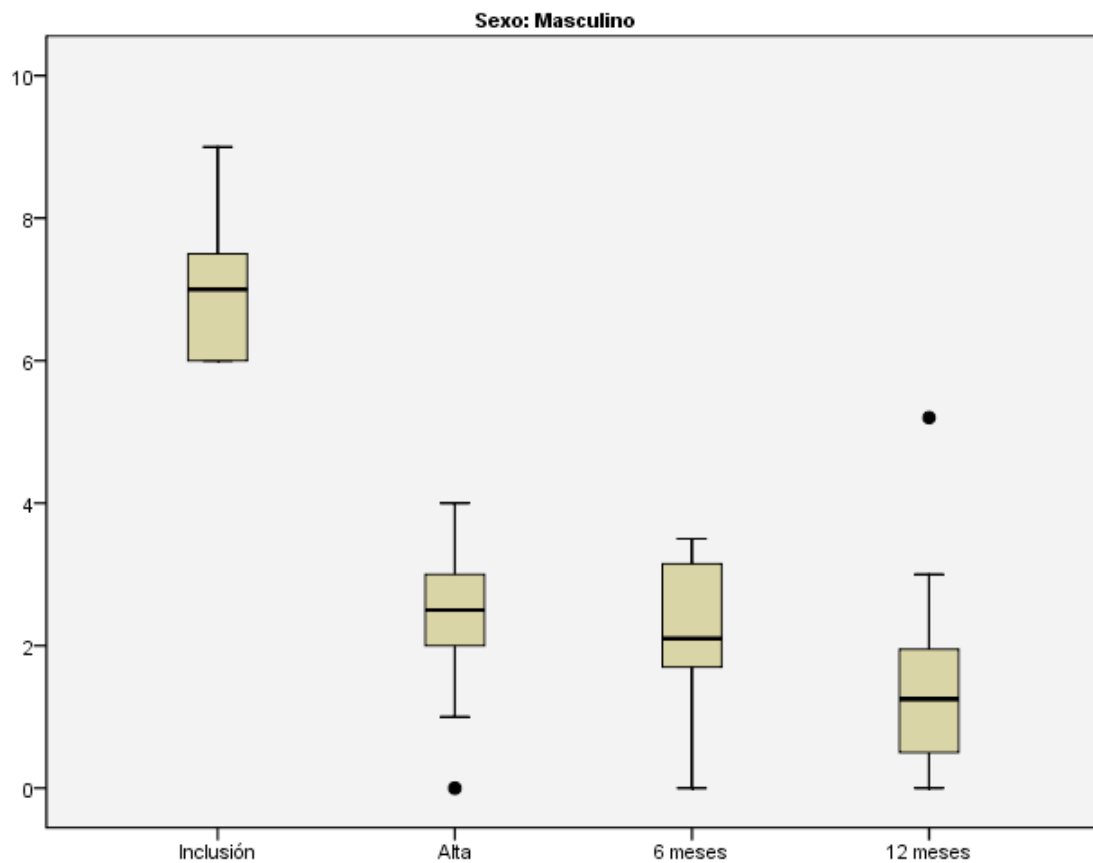


Gráfico.121. Valores de EVA en función de distribución por sexo: masculino.

Las fracturas vertebrales incluidas en el estudio y tratadas se han distribuido en los niveles T10, T12, L1, L2, L4, siendo la evolución del valor de la mediana de la escala EVA en función de la localización estadísticamente significativo en todas las localizaciones. (Tabla 31)(Gráficos 122-126).

		Mediana	RI	p-valor
L1	Inclusión	7	1	<0,001
	Alta Hospitalaria	3	1	
	6 meses postop	2,25	0,9	
	12 meses postop	1,25	2	
L2	Inclusión	7,5	2,25	0,014
	Alta Hospitalaria	3	1,5	
	6 meses postop	2,1	1,7	
	12 meses postop	1,25	2,28	
L4	Inclusión	7	2	<0,001
	Alta Hospitalaria	1,5	1	
	6 meses postop	1	0	
	12 meses postop	0,95	1,9	
T10	Inclusión	7,5	1	0,145
	Alta Hospitalaria	2	0	
	6 meses postop	1,75	0,7	
	12 meses postop	1,1	0,2	
T12	Inclusión	7	0	0,042
	Alta Hospitalaria	3	2,75	
	6 meses postop	3,5	0,7	
	12 meses postop	2,7	2,63	

Tabla.31. Valor EVA en función de la localización de la fractura.

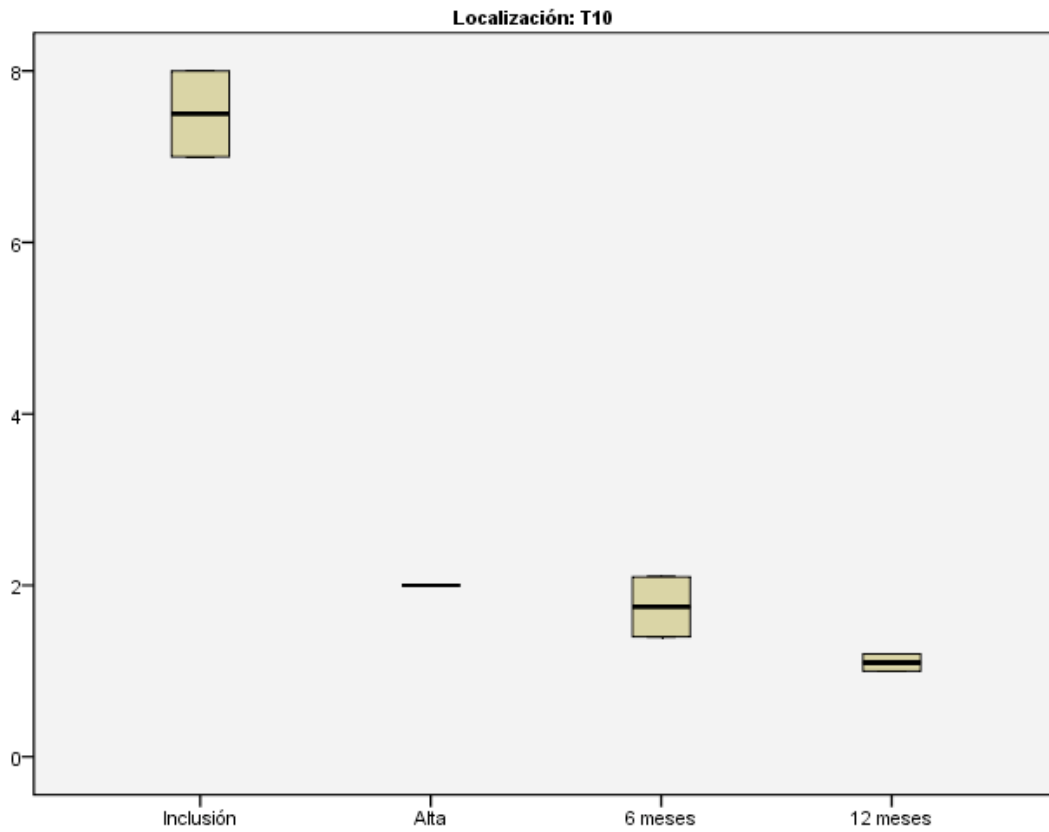


Gráfico.122. Distribución de la evolución de los valores EVA a nivel de T10.

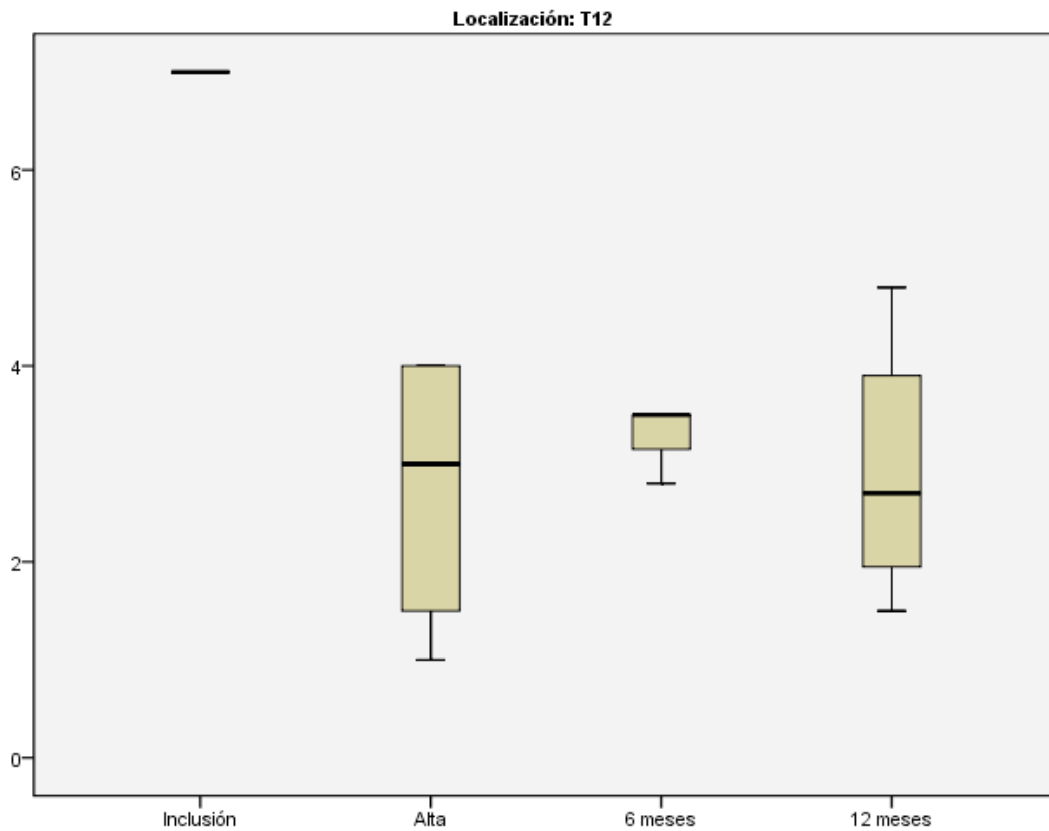


Gráfico.123. Distribución de los valores EVA a nivel de T12.

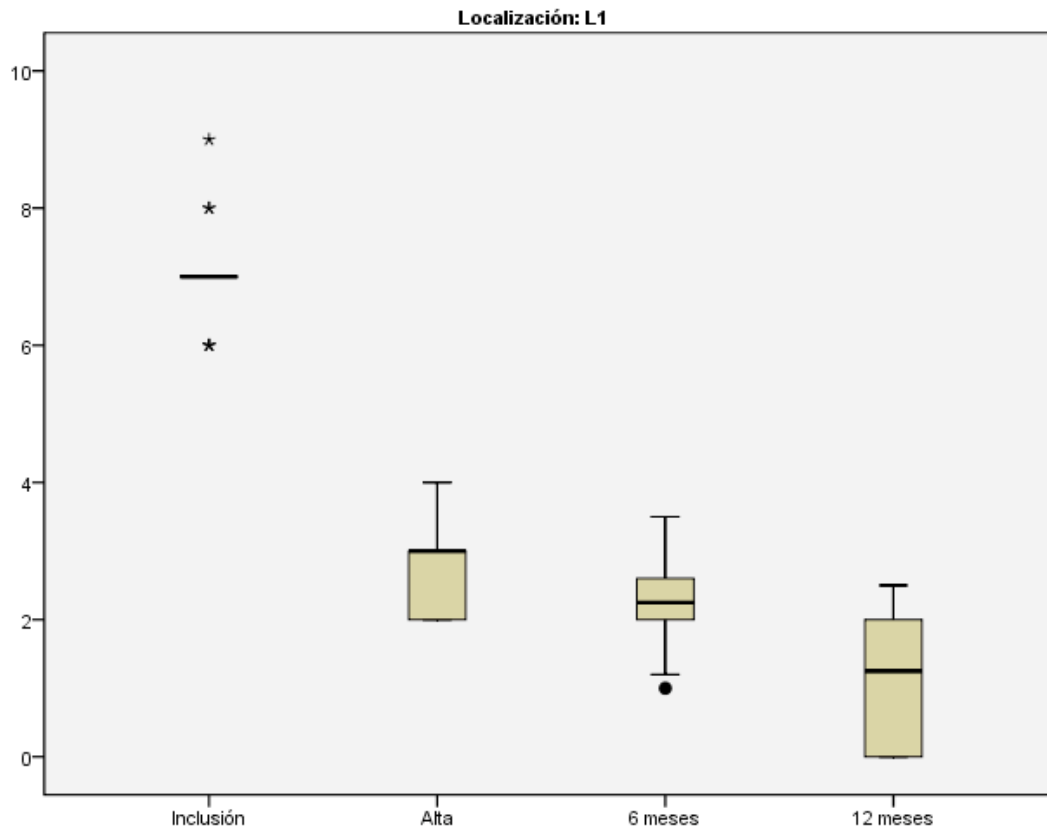


Gráfico.124. Distribución de los valores EVA a nivel de L1.

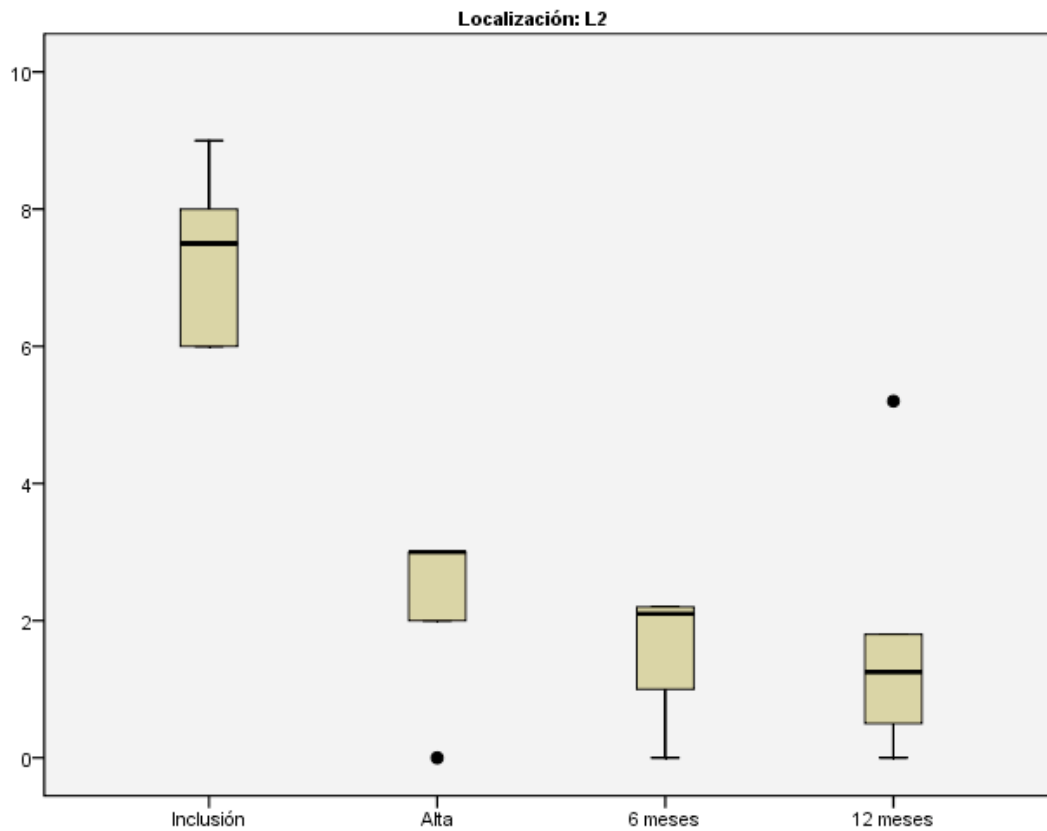


Gráfico.125. Distribución de los valores EVA a nivel de L2.

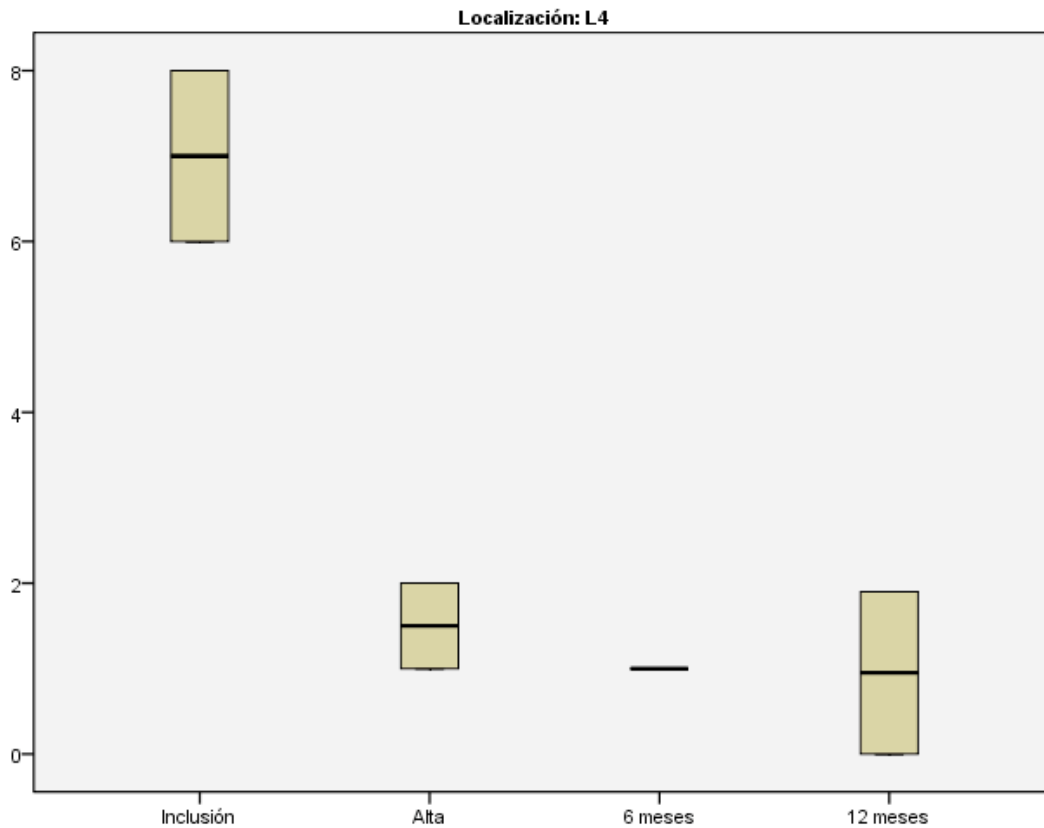


Gráfico.126. Distribución de valores EVA a nivel de L4.

Existen diferencias estadísticamente significativas en la evolución de la escala EVA analizada según los grupos de edad,  $p < 0,001$  para las dos comparaciones. Únicamente en las revisiones realizadas entre los 6 y 12 meses dentro del grupo de menores de 55 años no se han alcanzado significación estadística. (Tabla 32) (Gráficos 127-128)

		Mediana	RI	p-valor
< 55 años	Inclusión	7	2	<0,001
	Alta Hospitalaria	3	1,25	
	6 meses postop	1,4	1,6	
	12 meses postop	1,55	2	
≥ 55 años	Inclusión	7	0,5	<0,001
	Alta Hospitalaria	2	1	
	6 meses postop	2,2	0,9	
	12 meses postop	1,35	1,98	

Tabla.32. Mediana de la escala visual analógico en los distintos momentos evolutivos del estudio en función de la edad.

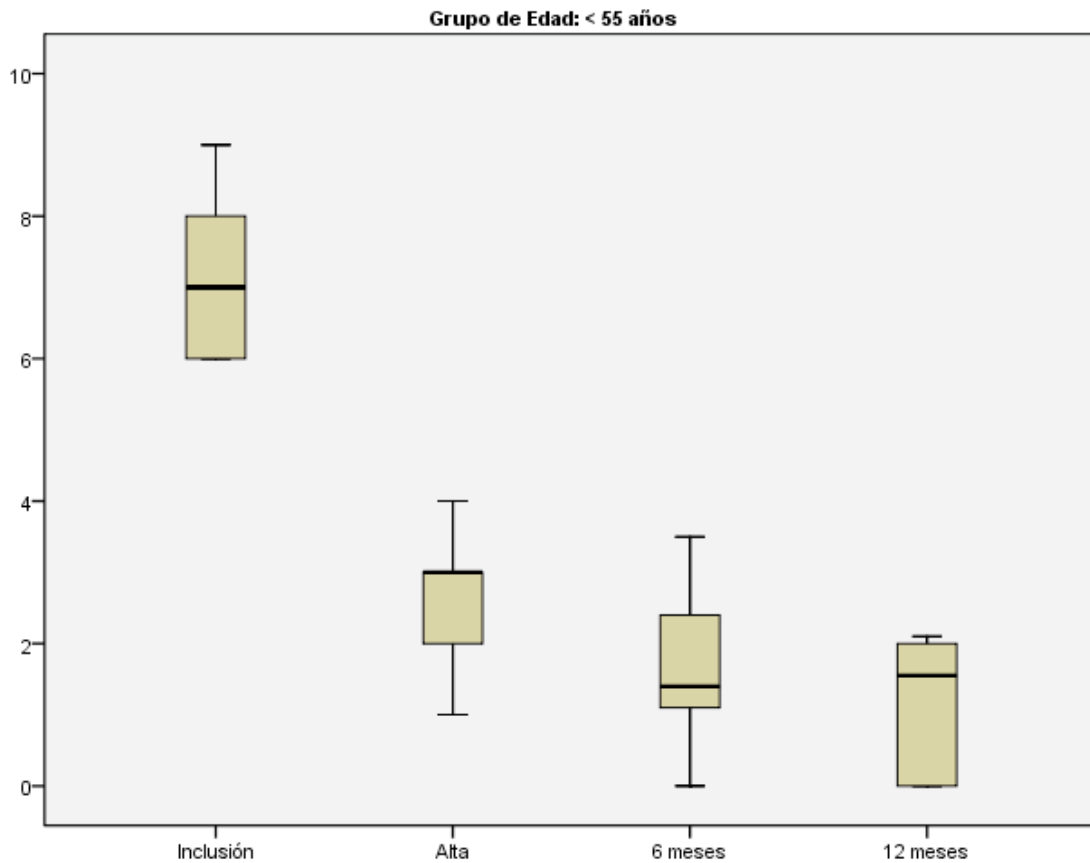


Gráfico.127. Distribución de los valores EVA en grupo de menores de 55 años.

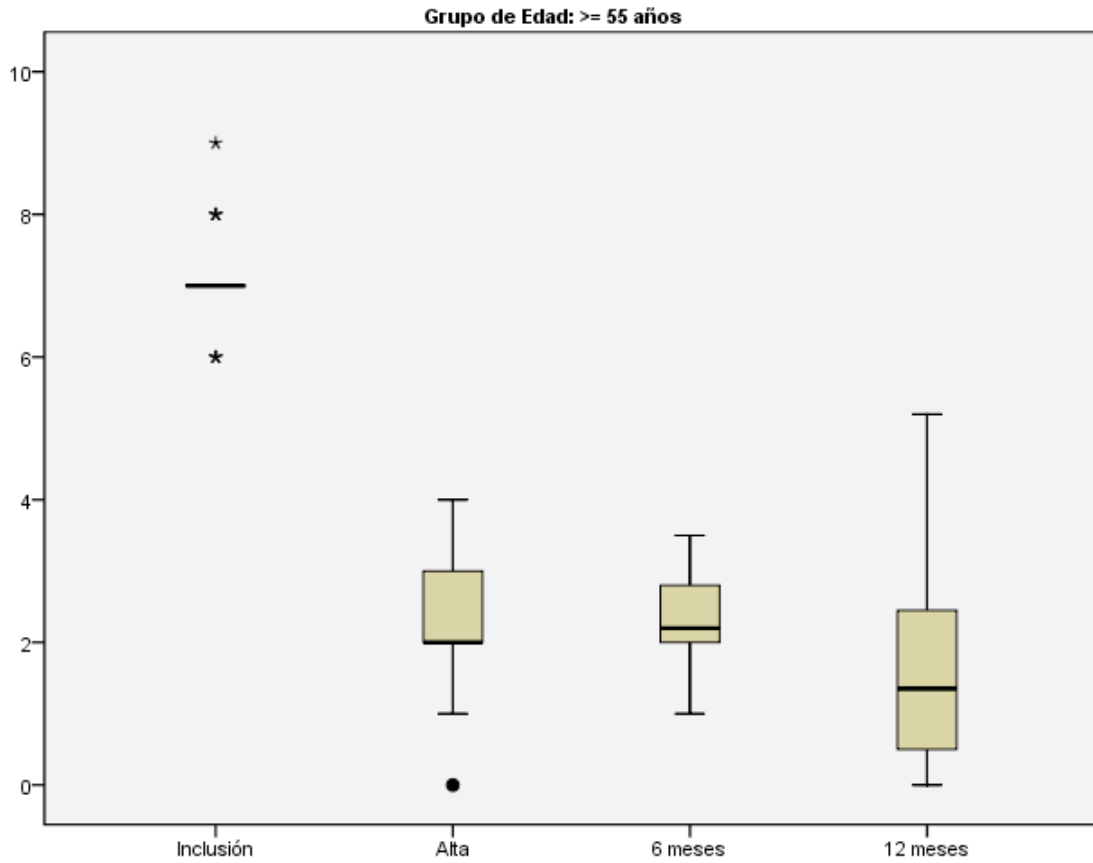


Gráfico.128. Distribución de los valores EVA en grupo de mayores o iguales a 55 años.

### 10.9.5. ESCALA DE SATISFACCION-CALIDAD DE VIDA

La escala de satisfacción utilizada, EQ5, ha reflejado un incremento estadísticamente significativo de los valores desde el preoperatorio hasta los 6 meses postoperatorio, manteniéndose dichos valores estables a los 12 meses. En la escala, los resultados se han incrementado por encima del doble de los originales a los 6 meses en cuanto a calidad de vida. ( $p < 0,001$ ) (Gráfico 129)

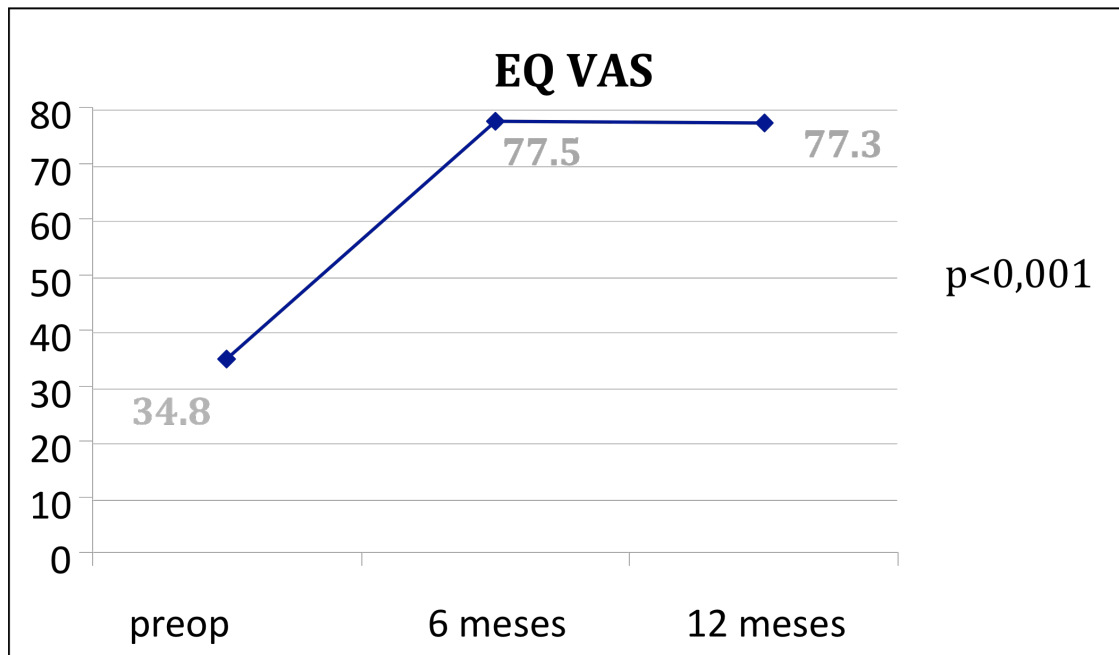


Gráfico.129. Evolución de la Calidad de Vida a lo largo del estudio.



### **10.9.6. INGESTA DE ANALGESICOS**

La ingesta de analgésicos medios o fuertes del grupo de tramadol o derivados mórnicos es un parámetro complementario al valor de la EVA.

La ingesta previa a la cirugía de estos analgésicos la necesitaron 18 pacientes, que posteriormente disminuyó de forma muy importante en el postoperatorio inmediato, precisando su uso únicamente 5 pacientes y se mantuvo el descenso progresivo de la utilización de los mismos hasta la revisión a los 12 meses, momento en el que únicamente 2 pacientes precisaban el uso de este tipo de analgésicos. Las diferencias entre los tres momentos del estudio han sido estadísticamente significativas. ( $p < 0,001$ ) (Gráfico 130)

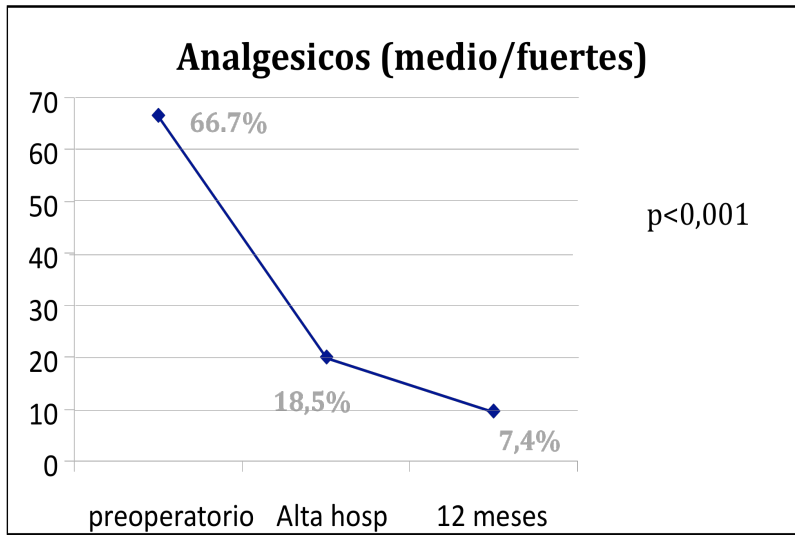


Gráfico.130. Consumo de analgésicos medio-fuertes durante el periodo de estudio.

### 10.9.7. ESTANCIA HOSPITALARIA

La estancia hospitalaria ha estado condicionada por los estudios tanto preoperatorios como postoperatorios, al estar los pacientes incluidos en un estudio clínico de tipo transversal, con la necesidad de cumplir con el protocolo del estudio tanto en el aspecto clínico como en el aspecto radiológico.

La estancia media hospitalaria ha sido de 6,4 días (rango 5-8), no existiendo diferencias significativas entre los grupos de edad, ni entre la etiología de las fracturas.

Si dividimos la estancia hospitalaria en 2 fases: preoperatoria y postoperatoria, nos encontramos con una estancia media de 4,5 días (rango 4-6) en el preoperatorio y de 1,9 días (rango 1-2) en el postoperatorio. En ninguna de estas dos etapas se han observado diferencias significativas entre los grupos de edad ni entre los grupos etiológicos. (Grafico 131)

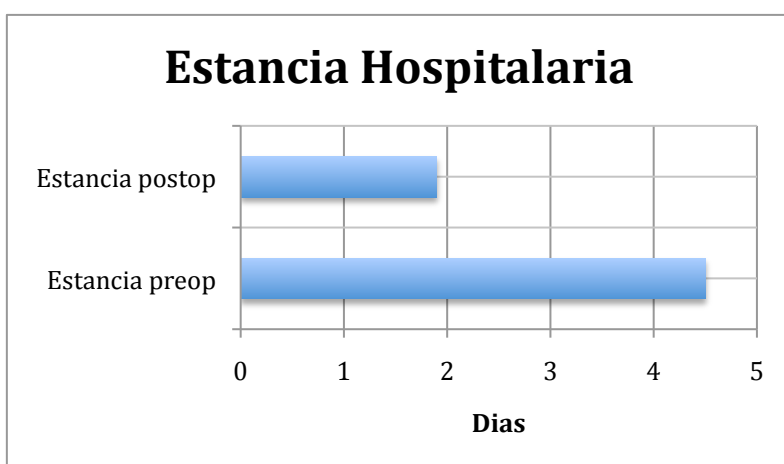


Gráfico.131. Días de estancia divididos en preoperatorio y postoperatorio

Durante la estancia hospitalaria postoperatoria los pacientes han podido hacer una vida autónoma permitiéndoseles la deambulaci3n sin ning3n tipo de limitaci3n, siendo 3nicamente el motivo de su estancia el completar los estudios radiol3gicos que ha precisado el estudio cl3nico.

### **10.9.8. COMPLICACIONES**

Las complicaciones observadas en el estudio clínico reflejan cualquier evento adverso surgido durante la duración del mismo independientemente de si existe relación con la patología objeto de estudio, con la técnica quirúrgica, con el material quirúrgico utilizado o cualquier otro evento médico que precisara actuación médica sobre el paciente.

Durante el tiempo de estudio han aparecido 8 eventos adversos (29.6%) estando todos ellos resueltos clínicamente excepto 1 (3.7%). En cuanto a la severidad de los mismos han sido catalogados en leves 7 (25.9%) y moderado 1 (3.7%), no existiendo ningún evento adverso severo. Ninguno de ellos tiene relación causal con el material empleado y en 5 (18.5%) casos existe relación con la técnica quirúrgica aplicada. En 2 (7.4%) pacientes se precisó una intervención quirúrgica para la resolución del evento adverso, siendo su recuperación completa una vez reparada la nueva patología.

Desde un punto de vista descriptivo nos encontramos 5 fugas de cemento en tejidos blandos o venas paravertebrales, que no precisan de ningún tipo de tratamiento ni control. Las fugas paravertebrales no representan ningún riesgo futuro para el paciente y se consideran como posibles eventos dentro de este tipo de técnicas quirúrgicas. No han aparecido ningún tipo de fuga intradiscal, ni hacia los elementos neurológicos ni fenómenos de embolismo pulmonar por el cemento utilizado para la fijación vertebral.

En 2 (7.4%) pacientes han aparecido nuevas fracturas vertebrales a nivel de T8 y de T10, que precisaron de intervención quirúrgica para su reducción y fijación. La situación clínica sobrevenida se solventó con la nueva medida quirúrgica, sin ningún tipo de limitación para la funcionalidad del raquis vertebral.

Finalmente el último evento adverso se trata de una hernia intraesponjosa gigante a nivel de la vértebra supraadyacente de la vértebra fracturada y tratada. Dicha vértebra presentaba un impacto a nivel del platillo vertebral sin ningún tipo de depresión o hundimiento del mismo en los estudios de imagen preoperatorios y postoperatorios inmediatos, si bien en el control a los 6 meses y mediante la reconstrucción 3D se aprecia una gran depresión a nivel del platillo vertebral donde se localiza parte del disco intervertebral. Dicha lesión se ha estabilizado radiológicamente y clínicamente a lo largo del seguimiento no ha generado ningún tipo de síntoma clínico.

### 10.9.9. CASO CLINICO

Para cada paciente tratado se ha seguido el mismo procedimiento de evaluación, tratamiento y seguimiento clínico radiológico.

Fractura tipo A1.2 de L1, mujer, 57 años de edad, con antecedentes de osteopenia bajo revisión médica, trabajadora por cuenta propia, sin antecedentes médicos de interés.

EVA preop: 8.

Evaluación radiológica:

- Radiología simple: fractura tipo wedge con 9.7º de angulación segmentaria. (Fig.149)
- TAC preoperatorio: lesión de todo el área central del platillo vertebral así como del margen cortical anterior. (Fig.150)
- Reconstrucción 3D con medida de la cifosis segmentaria: 9.7º. (Fig.151)
- RMN preoperatoria: patrón de lesión progresivo. (Fig.152)

Evaluación postquirúrgica:

- EVA postoperatoria: 2.9
- Radiología postoperatoria: restauración de la altura cortical al 92%.
- TAC postoperatorio: reducción del platillo vertebral de forma homogénea.
- Mapping: topografía de las áreas de reducción de la superficie vertebral, con reducción del mismo de forma anatómica en el área del platillo hundida que corresponde al 55% de la superficie total del mismo.(Figs..153-155)



Fig.149.Rx preoperatoria. Fractura L1 tipo A1.2



Fig.150.Tac preoperatorio fractura L1 tipo A1.2



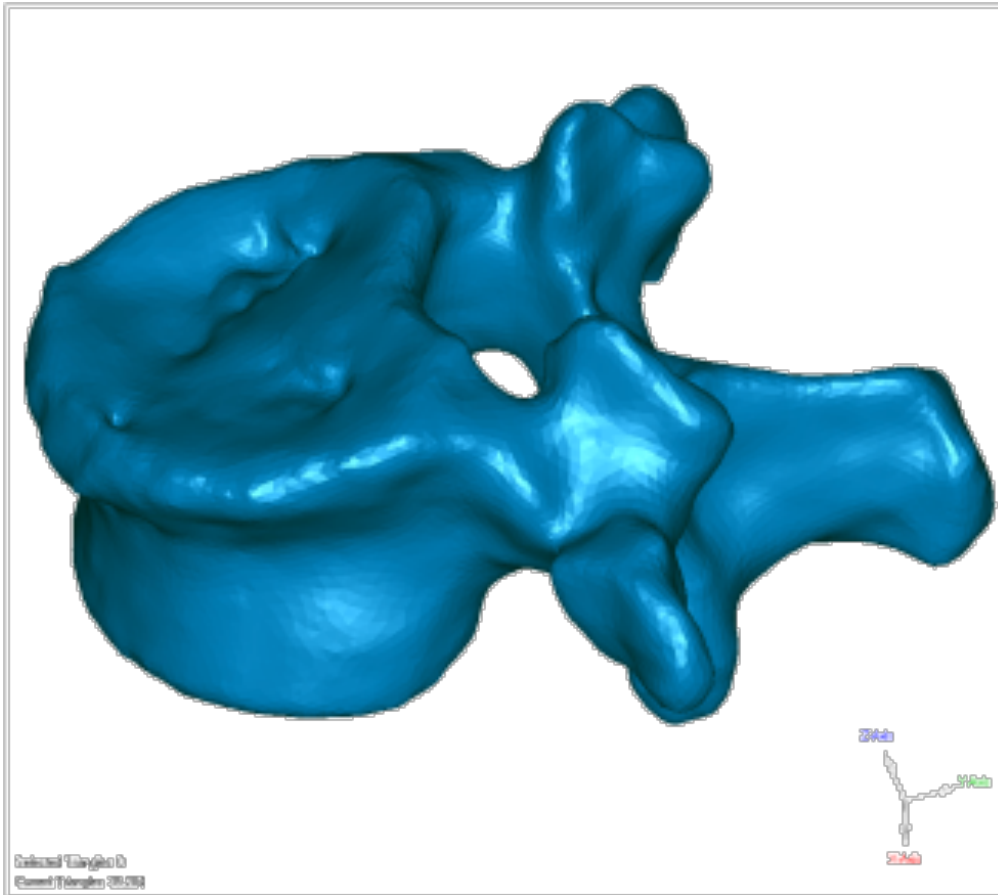


Fig151. Reconstrucción 3D preoperatoria. Severa lesión del platillo vertebral que afecta a una superficie mayor del 55% del platillo vertebral.

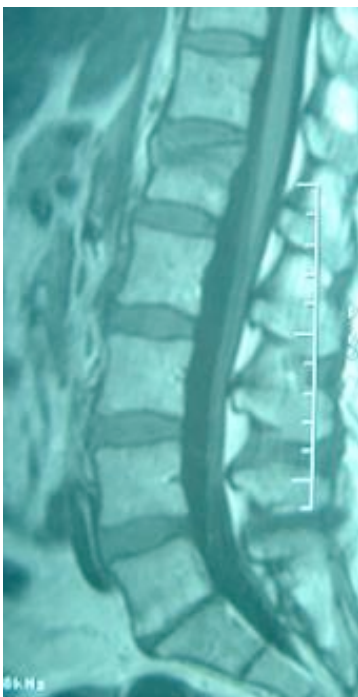


Fig.152.RMN preoperatoria con patrón de lesión progresivo.

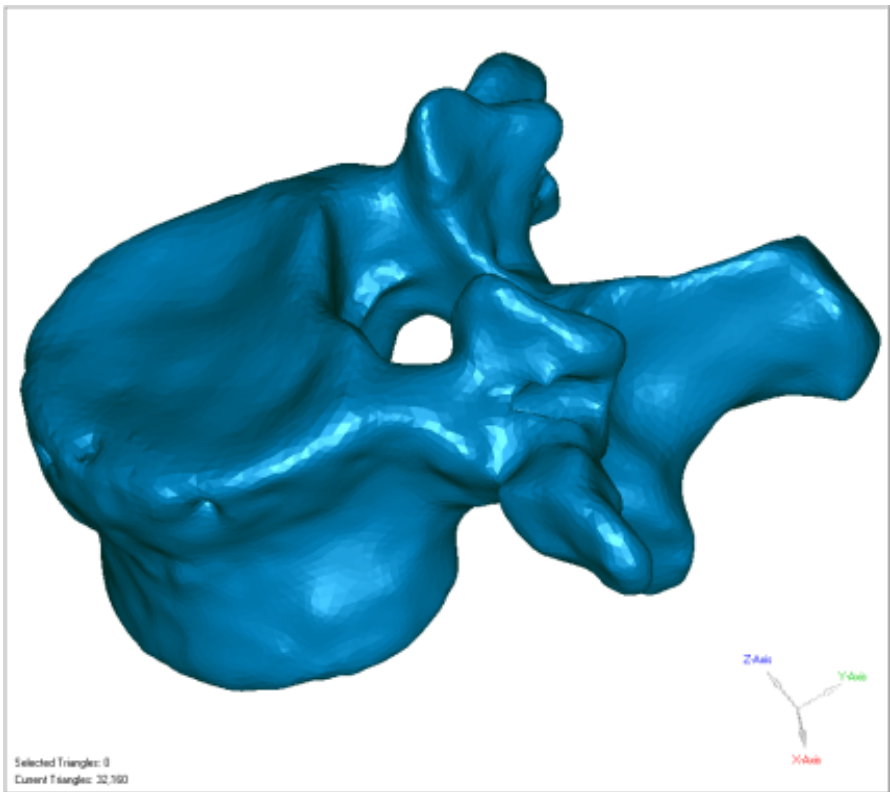


Fig.153. Reconstrucción 3D postoperatorio.

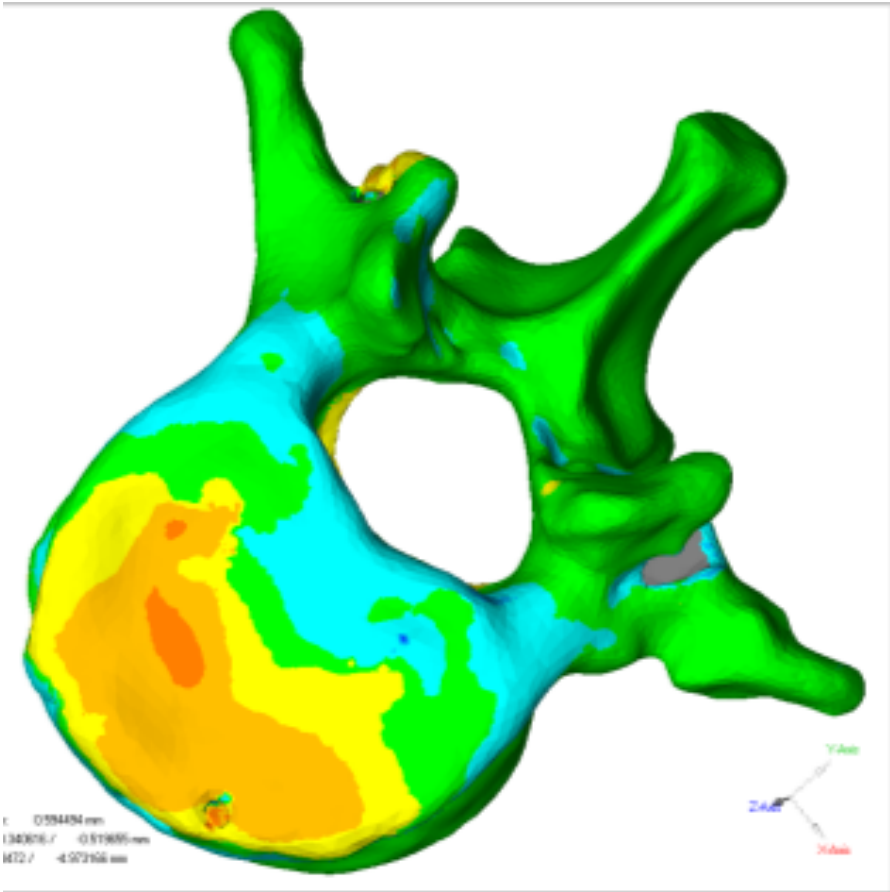


Fig.154. Topograma de la reconstrucción del platillo vertebral superior

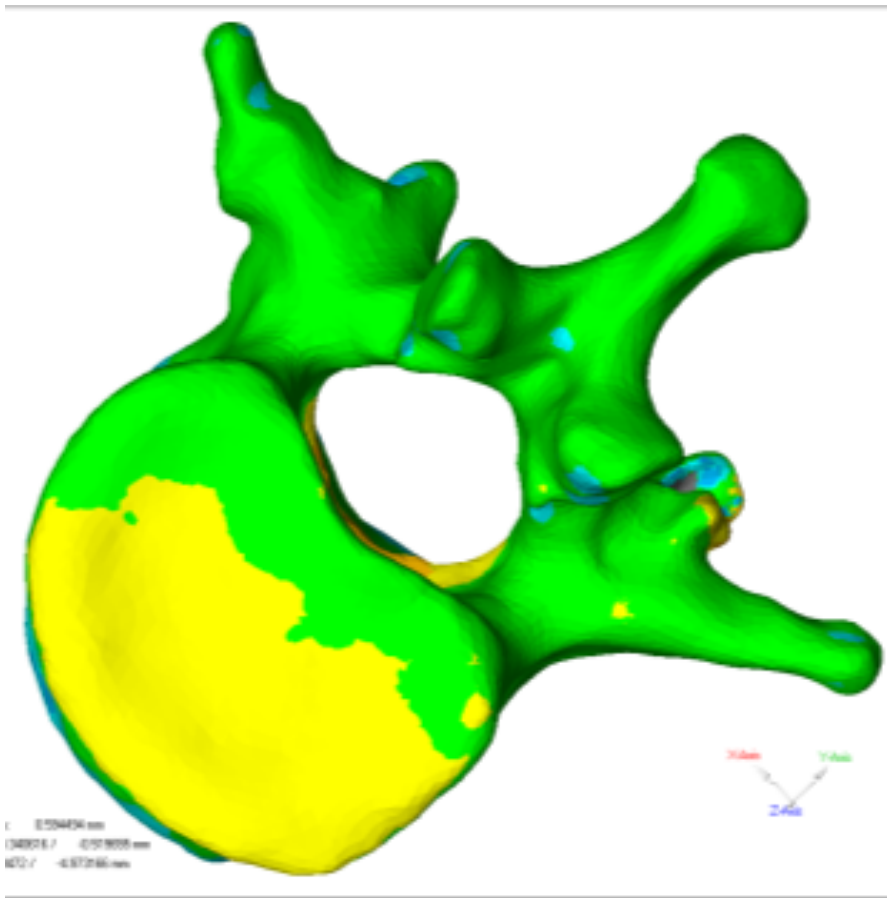


Fig.155.Topograma de la reconstrucción del platillo vertebral inferior



## 11. DISCUSION

El concepto o definición de restauración anatómica del cuerpo vertebral, utilizado como objetivo de esta tesis, después de una fractura por compresión, tiene como objetivo tratar dicha estructura como un todo y no solo las estructuras corticales de forma aislada. Sobre esta hipótesis se trata de introducir y probar la habilidad de una técnica o maniobra quirúrgica en la consecución del objetivo, dejando como objetivo secundario los beneficios de la obtención de una reducción anatómica del platillo vertebral en el tratamiento de las fracturas vertebrales por compresión.

Las dos razones fundamentales para tratar las fracturas vertebrales de una forma anatómica (252) son conseguir una reducción y control de la cifosis vertebral segmentaria y global, con el fin de evitar alteraciones futuras de balance sagital, y evitar la cascada de degeneración del raquis tanto a nivel local como general debido a la incompleta reducción anatómica del platillo vertebral y así evitar el deterioro en la calidad de vida. (12)

Son conocidos los beneficios de la restauración de la altura vertebral y la cifosis segmentaria y global en cuanto a la disminución de la mortalidad y mejoría en la calidad de vida (252). La restauración anatómica tal como ha sido definida en esta tesis doctoral toma en consideración la anatomía y geometría de la articulación vertebral en conjunto y no solo una parte de la estructura del cuerpo vertebral, siendo el objetivo final de la misma la rehabilitación de las funciones biomecánicas articulares y su estabilidad en el tiempo. La recuperación de los balances sagital y

coronal a nivel del segmento vertebral fracturado junto con la restauración anatómica del platillo vertebral deberían permitir implementar los resultados no solo a corto plazo, sino a medio y largo plazo. La depresión existente en el platillo vertebral después de una fractura por compresión o tipo A de Magerl limita la capacidad del disco intervertebral para distribuir las cargas de forma equilibrada a los segmentos adyacentes (185). La redistribución de cargas que se genera después de una fractura vertebral hacia la región anterior del cuerpo vertebral superior es subsidiaria de contribuir al incremento del riesgo de presentar fracturas adyacentes, siendo este riesgo de especial importancia en situaciones de trastornos en la calidad ósea (24). Es por esto, que la restauración de la anatomía del platillo vertebral de una fractura vertebral contribuirá a evitar los cambios en la transferencia de cargas a través del disco intervertebral, reduciendo el riesgo de fracturas vertebrales adyacentes, evitando los cambios degenerativos a nivel del disco intervertebral, las alteraciones progresivas de la cifosis segmentaria por colapso discal y cambios en el balance sagital global del raquis con hiperlordosis compensatorias (24, 25, 220)

La alteración de la distribución de las cargas postfractura vertebral , tanto en sentido anterior como posterior, (185) no solo afecta a la biomecánica de la articulación discovertebral, también afecta a la biomecánica de las articulares posteriores del segmento supraadyacente (220). Dichas articulares se ven sometidas a un incremento de las fuerzas en sentido craneocaudal, generando las mismas un desgaste articular acelerado y una artropatía facetaria secundaria a la fractura vertebral.

Hasta la actualidad los tratamientos mediante cifoplastias con balón, que representan la terapia quirúrgica más habitual, permiten obtener una relativa ganancia de la altura del anillo cortical, así como mejoría en la cifosis vertebral a nivel local. Sin embargo, el posicionamiento del balón en un lugar idóneo de reducción debajo del platillo vertebral puede ser difícil de controlar. En efecto, la dirección de expansión del balón durante su inflado va a seguir aquel patrón de menor resistencia mecánica, la cual puede no ser de forma habitual la dirección de reducción del platillo vertebral. Parte de las fuerzas de reducción se van a perder como consecuencia de la presión hidrostática del disco intervertebral así como por las propiedades viscoelásticas de los ligamentos que rodean la columna vertebral (79). Además, el defecto creado debajo de los platillos vertebrales después del inflado del balón podría llevar a una disminución de la resistencia a la carga axial de la vértebra al desplazar las trabéculas óseas hacia la periferia vertebral. (79)

Todas estas bases biomecánicas han impulsado los distintos objetivos de esta tesis doctoral.

La vertebroplastia y la cifoplastia con balón son consideradas las técnicas “gold standard” en el tratamiento de las fracturas vertebrales osteoporóticas, traumáticas o no, por compresión o tipo A. (253) Por este motivo cualquier técnica quirúrgica cuyo objetivo sea el tratamiento de este tipo de fracturas debe ser comparada con ellas.

Tomando como base el diseño de restauración anatómica vertebral, los resultados obtenidos confirman que la posibilidad de acercarse a la anatomía vertebral

normal después de una fractura es un ideal alcanzable con la tecnología quirúrgica actual.

Todos los resultados obtenidos a nivel de la altura vertebral tanto a nivel de la cortical como del platillo vertebral han presentado incrementos estadísticamente significativos ( $p < 0,001$ ) en cuanto a su pérdida de posición original, y si bien no ha sido posible obtener correcciones del 100% de la anatomía vertebral, la técnica quirúrgica y de análisis empleadas han demostrado una convergencia hacia la anatomía primitiva de la vertebral tratada superior al 90% en todos los parámetros anatómicos analizados.

La mayoría de las publicaciones recientes presentan dificultades para demostrar incrementos consistentes de altura vertebral. Únicamente existe un estudio prospectivo randomizado de 2 técnicas de tratamiento (254). Los cambios de altura reflejados -preoperatorio-postoperatorio-, si bien son estadísticamente significativos revelan ganancias de altura anterior máximas de 1.5mm en la altura vertebral anterior, 1,9mm en la altura vertebral media y de 0,3mm en la altura posterior. Los valores obtenidos, en el estudio de esta tesis, presentan ganancias de altura estadísticamente significativas,  $p < 0,001$ , en toda la superficie del platillo vertebral. En la región anterior los valores máximos superan los 6mm, en la región central 4mm, y en la región posterior 2mm.

Es importante precisar que el método de medida utilizado es la radiología simple, con las limitaciones que ello conlleva (tabla 1) (21,78), no consiguiendo en ningún caso un mapeo de la superficie del platillo vertebral como ha sido realizado en el



análisis de los resultados obtenidos en esta tesis doctoral, por lo que es difícil realizar una comparación exacta entre los distintos valores.

La otra gran limitación que presentan las publicaciones actuales (84,255-258), radica en la ausencia de comparación con la anatomía de referencia. Desde un punto de vista del objetivo a alcanzar, sería deseable poder alcanzar la normalidad anatómica de la vértebra fracturada. Dicha normalidad será la que nos permita evaluar en el futuro la restauración de la función biomecánica del complejo discovertebral y del raquis en su conjunto.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que hemos obtenido restauraciones superiores al 90% con respecto a la anatomía de referencia, incluso en determinado grupo de pacientes menores de 55 años dicha restauración ha superado el 95% de corrección anatómica., presentando defectos de reducción inferiores a 1mm en la superficie del platillo vertebral.

Todos estos datos de la muestra general, se han confirmado también en los distintos grupos analizados, lo cual nos permite afirmar que no existe ninguna condición de edad, sexo o localización de la fractura vertebral que impidan o limiten el objetivo de obtener una reducción vertebral anatómica de valores.

Las variaciones en la resistencia ósea en relación con el sexo se van haciendo más patentes con el paso de los años y esto ha llevado a planteamientos de tratamiento diferentes en función del sexo, asociado al grupo de edad. Los resultados obtenidos en el análisis por grupos de diferente sexo demuestran que la capacidad de

reducción de una fractura vertebral no se ve influenciada por el sexo siendo los resultados en ambos grupos consistentes en el mismo rango.

Es conocido que la calidad y resistencia ósea disminuyen a lo largo de la vida, por lo que la aplicación de fuerzas sobre la estructura ósea fracturada de un hueso patológico podría cuestionar su respuesta a la reducción de los fragmentos óseos acompañando las maniobras de reducción. Los datos obtenidos en relación a los distintos grupos de edad analizados confirman que la alteración en la resistencia ósea no influye en su capacidad de reducción, siempre y cuando la fractura vertebral se encuentre en un estadio móvil.

Las diferencias registradas en los dos grupos de edad analizados, en relación a la no existencia de diferencias significativas en el grupo de menores de 55 años con respecto a la vértebra adyacente y si existen diferencias significativas entre el grupo de mayores de 55 años y la vértebra adyacente, podrían ser explicadas por la antigüedad de la fractura y el conocimiento exacto del momento inicial de la misma con mayor precisión en el grupo de menores de 55 años, al predominar un origen traumático de baja o alta energía, y por el contrario en el grupo de mayores de 55 años predomina el origen no traumático, lo que dificulta el precisar el día de aparición de la fractura vertebral, modificando la capacidad de reducción.

Aunque todas las fracturas vertebrales cumplían criterios de movilidad, es lógico pensar que el tratar una fractura fresca en los primeros 10 días va a permitir mejor capacidad de reducción que una fractura de 4-6 semanas aunque presente todos los criterios de no consolidación. En base a estos datos es razonable plantear un

estudio en el que se pudiera fijar con precisión el momento temporal de inicio de los síntomas en fracturas sin antecedente traumático y realizar un estudio comparativo con fracturas traumáticas de baja energía, cuya finalidad sería determinar si los criterios de movilidad y el tiempo de evolución de la fractura son parámetros fiables a la hora de predecir la capacidad de reducción de una fractura vertebral.

La localización de la fractura no ha generado diferencias significativas en cuanto a la capacidad de reducción de las estructuras vertebrales mediante la intervención quirúrgica. Las fracturas vertebrales por compresión en su mayoría se encuentran localizadas a nivel de la charnela dorsolumbar (254), siendo la distribución en la muestra similar a la existente en las diferentes publicaciones. Si bien en determinadas localizaciones, T10 y L4, la muestra ha sido pequeña, con 2 casos en cada nivel, las modificaciones de la altura entre el preoperatorio y el postoperatorio han sido estadísticamente significativas independientemente de la localización.

Las limitaciones en cuanto al nivel vertebral están determinadas por :

1. Diámetro del pedículo: precisa un diámetro mínimo de 5,8mm para el correcto abordaje transpedicular y fijación de la cánula de trabajo en el pedículo.
2. Longitud del cuerpo vertebral: precisa 25mm de longitud entre el muro anterior y la unión pedículo-cuerpo vertebral

Las publicaciones con resultados comparativos entre fracturas agudas y crónicas (259-262) no han encontrado diferencias en la ganancia de altura vertebral entre ambos grupos excepto el trabajo de Crandall en una serie de casos clínicos, en el cual obtiene mejores resultados en las fracturas agudas que en las crónicas. Los resultados obtenidos en esta tesis van en la línea del trabajo de Crandall, así como en la lógica de la práctica quirúrgica de nuestra especialidad.

Quizás no sería aventurado pensar que la división fracturas osteoporóticas, fracturas traumáticas podría desaparecer en cuanto a la estrategia u opciones terapéuticas, y el criterio principal a la hora de plantear estrategias de tratamiento debería ser si la fractura es móvil y por tanto reducible con el fin de alcanzar la restauración anatómica de la misma, que como ha quedado demostrado es un objetivo alcanzable.

Si bien todos los datos de restauración anatómica han demostrado esa convergencia, no es menos relevante la influencia de dicha restauración en la mejoría de los valores angulares en el plano sagital del raquis.

El principal objetivo del tratamiento ha sido reducir la fractura vertebral, pero dicho objetivo no es solo anatómico sino también tiene implicaciones biomecánicas en el funcionamiento del raquis, siendo estas el control del balance sagital del raquis y el control de la degeneración discal a largo plazo.

En el diseño del estudio solo se ha planteado, por una cuestión de tiempo de seguimiento, el control del balance sagital medido mediante análisis

tridimensional y la aparición de fracturas adyacentes como consecuencia secundaria del desbalance sagital postfractura.

El método de medida aplicado (249,250) presenta una fiabilidad superior a los métodos radiológicos utilizados en las publicaciones científicas (11-20).

En los trabajos mencionados se objetivó la dificultad para el control del balance sagital a pesar de existir modificaciones en la altura del perfil de la vértebra.

Los resultados de la muestra global claramente representan una mejora significativa del balance sagital del raquis con una mejoría de 6º de media, hasta valores dentro del rango de la normalidad y una gran homogeneidad en dichos valores. Incluso en estudios prospectivos (254) que obtiene mejoras para ambas técnicas quirúrgicas de 5º y 6º existe una mayor dispersión de los valores en la muestra, tanto en el preoperatorio, rango de 14º y 16º respectivamente, como en el postoperatorio, rango de 12º y 14º respectivamente.

Tanto en nuestros datos como en las distintas series y estudios publicados, no se ha podido correlacionar estos cambios en el balance sagital con los resultados clínico-funcionales. Si bien todos los estudios han sido a corto plazo por lo que el posible deterioro clínico a largo plazo no ha sido evaluado hasta la actualidad.

La comparación de los valores angulares en la máxima corrección con la vértebra adyacente han revelado diferencias significativas en cuanto al valor global, si bien se debe tener en cuenta las variaciones angulares del raquis dependiendo del nivel

vertebral estudiado. Es por esto que el software de análisis en el futuro debería permitir la obtención de una estimación de la morfología normal de la vértebra fracturada para permitir un análisis de mayor precisión tanto en los valores angulares como en los valores de restauración anatómica. Dicho análisis va a permitir en los estudios actuales que estamos realizando utilizar dicho cálculo.

(Fig.156)

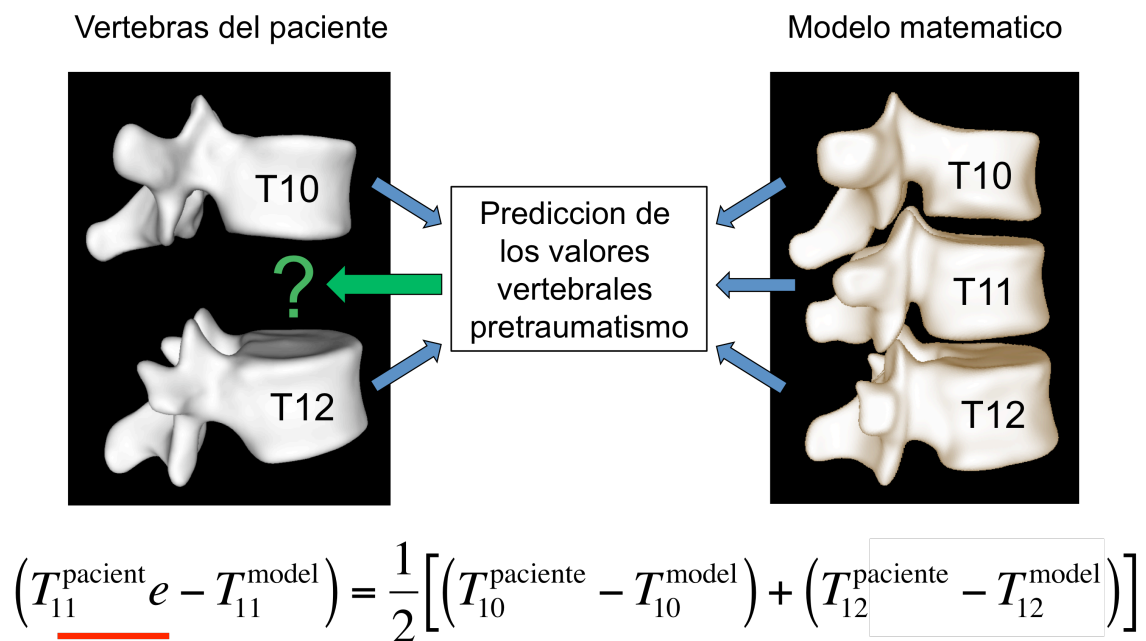


Fig.156. Predicción de los valores pretraumatismo de la vértebra fracturada.

Esta herramienta de valoración va a unir tanto la estimación de la anatomía previa de la vértebra fracturada como el balance sagital en la situación prefractura, permitiendo hacer una planificación preoperatoria con los objetivos anatómicos y biomecánicos a alcanzar.

La tasa de fracturas adyacentes es muy variable en función de las distintas publicaciones. Si bien existen numerosos estudios donde la tasa es superior en la cifoplastia con balón que en la vertebroplastia. El rango de fracturas adyacentes

varía entre 18% y 90% (67,205,212,263,264). En ningún caso ni la vertebroplastia ni la cifoplastia han conseguido disminuir los resultados con respecto al tratamiento conservador o a la historia natural de la enfermedad (201-204), donde el riesgo de fractura adyacente varía entre el 11.5% y el 20% en el siguiente año.

Estudios prospectivos randomizados más recientes (254) obtienen tasas de fracturas adyacentes del 12,2% en el grupo tratado mediante técnica KIVA y del 11% en el grupo tratado mediante cifoplastia con balón.

En cuanto a la tasa de fracturas adyacentes de nuestro estudio, 7,4%, es significativamente menor que los datos publicados en estudios con poblaciones similares (148,195,201-204,254), en los cuales nos encontramos valores que van desde el 11,5% hasta el 58% e inferior a los valores de la historia natural de la fractura vertebral que varían entre 11,5% y el 20%. (201-204)

El único elemento diferencial en el tratamiento aplicado, en relación a las referidas publicaciones científicas, radica en la reducción del platillo vertebral como estructura de control biomecánico ya que en todos ellos se ha procedido a la fijación o estabilización de la fractura, sin modificaciones publicadas sobre el platillo vertebral.

Teniendo en cuenta los hallazgos de Tzermiadimos (24) en estudios cadavéricos, los resultados clínico-radiológicos obtenidos van en la línea de confirmar que el factor fundamental para la aparición de fracturas adyacentes está relacionado con

la ausencia de reducción de la superficie del platillo vertebral y no en relación con la rigidez que genera la cementación vertebral en la transmisión de cargas.

Durante décadas los principios de AO del tratamiento de fracturas articulares (8) han sido aplicados al manejo y tratamiento de la fracturas en distintas articulaciones del aparato locomotor. Al enunciar los mismos es importante analizar si son aplicables a las fracturas vertebrales.:

1. La rigidez postinmovilización de una fractura vertebral tratada de forma conservadora es conocida y precisa de tratamiento fisioterápico para su recuperación.
2. La rigidez que se genera después de una reducción abierta y artrodesis vertebral es significativamente mayor.
3. Los fragmentos de la superficie articular del platillo vertebral no pueden ser desimpactados por fuerzas externas.
4. Defectos o hundimientos del platillo vertebral generan alteraciones en la biomecánica articular, degeneración discal y facetaria.
5. La reducción del platillo vertebral ha permitido mantener las propiedades de la articulación discovertebral.
6. La fijación estable de la fractura vertebral ha permitido una movilización inmediata de los pacientes.

Los resultados obtenidos, tanto de reducción y fijación estable de la superficie articular como de ausencia de inmovilización de la columna vertebral postcirugía, permiten afirmar que los principios básicos del tratamiento de las fracturas articulares son aplicables en el manejo de las fracturas vertebrales y es lógico



deducir que su aplicación sistemática permitirá avanzar en el tratamiento de las mismas como ha ocurrido en el resto de fracturas articulares en las últimas décadas.

El segundo aspecto del control de la biomecánica vertebral sería la supervivencia discal así como el mantenimiento de sus funciones. La evaluación de la viabilidad discal debe ser valorada mediante estudio de difusión-perfusión en RMN, que no ha sido incluido en el protocolo del estudio. Si bien existen estudios de pequeños grupos de pacientes en los cuales se han realizado análisis de difusión-perfusión con resultados notables en cuanto a la normalidad de la difusión a través del disco intervertebral, con valores del 90% de su capacidad de difusión con respecto al resto de discos intervertebrales del mismo paciente en estudios 2 años postcirugía e incluso en el 75% de los pacientes se encontraban valores completamente normales. (265)(Figura 157,158)

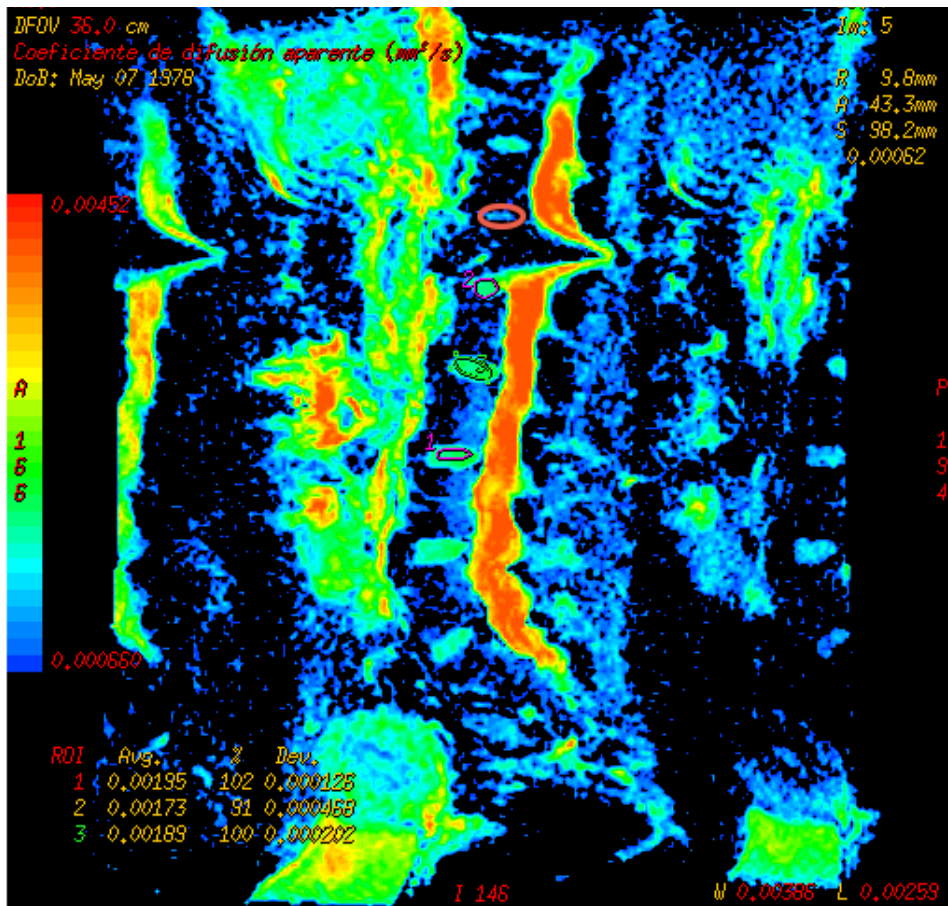


Fig.157.Coeficiente de difusión discal 2 años postcirugía.



Fig.158. RMN convencional del paciente analizado su coeficiente difusión

El análisis relativo a la eficacia y seguridad del procedimiento es un dato fundamental para validar cualquier técnica quirúrgica.

El principal criterio de satisfacción utilizado ha sido la escala visual analógica (EVA).

La disminución de forma estadísticamente significativa,  $p < 0,001$ , de los valores de la EVA en 4 puntos desde la primera revisión al alta hospitalaria, manteniéndose estables en su evolución a lo largo del estudio clínico y aumentado dicho descenso hasta 5,75 puntos a los 12 meses en el grupo de hombres y de 5,5 puntos en el grupo de mujeres, permite comparar estos resultados con los obtenidos en

distintos metanálisis (265-270) en los cuales los descensos del valor de la escala EVA variaban entre 4,6-5,6. En la misma línea en cuanto al control sintomático del dolor se encuentran los resultados del último estudio comparativo randomizado publicado en febrero de 2013 (254), donde la reducción del dolor fue de 5,5 puntos en el grupo de técnica KIVA y de 5,3 en el grupo de cifoplastia con balón.

El resultado final de valores EVA refleja un mejoría estadísticamente significativa en todos los pacientes independientemente del sexo, edad o nivel vertebral operado, pudiéndose afirmar que el procedimiento a cumplido el principal criterio de eficacia usado en la valoración de este tipo de patología.

El segundo aspecto analizado en relación con el dolor ha sido la ingesta de analgésicos, el cual ha sufrido un descenso progresivo y estadísticamente significativo desde el preoperatorio hasta el final del seguimiento. En la mayoría de los estudios clínicos recientes no se utiliza este parámetro de valoración, o no se publica datos relativos a consumo de analgésicos.

El consumo de analgésicos en este tipo de pacientes tratados de forma conservadora en series de nuestra unidad, nos ha reflejado una gráfica estable en el tiempo en cuanto a la necesidad de mantener terapias con analgésicos medio fuertes. Por los que incluso desde el punto de vista de la eficiencia del procedimiento existe un mayor coste inicial, por el procedimiento quirúrgico, pero dicho incremento de coste no se mantiene en el tiempo.(270)

Un parámetro fundamental en este tipo de fracturas es la calidad y expectativa de vida, especialmente en el grupo de mayores de 55 años, ya que se ha visto un incremento de la mortalidad en este grupo de pacientes de entre un 24%-34% (167,168) y un descenso de la calidad de vida similar al de la patología coronaria y superior a la patología reumática (169-171) cuando se trataban de forma conservadora. Los resultados obtenidos han incrementado los valores de la escala EQ5 de forma estadísticamente significativa,  $p < 0,001$ , en todos los momentos de seguimiento del estudio.

En cualquier técnica de cementación vertebral, vertebroplastia, cifoplastia con balón o reducción anatómica mecánica, existe riesgo de fugas de cemento PMMA a las partes blandas paravertebrales, a los discos intervertebrales craneal y caudal a la fractura, venas paravertebrales y al espacio epidural posterior o forámenes intervertebrales donde existe riesgo de daño neurológico.(271) La tasa de fugas de cemento está asociada directamente con la seguridad del procedimiento y si bien está íntimamente ligada a la viscosidad del cemento los resultados obtenidos de un 18,5%, diagnosticadas mediante TAC -factor de corrección de 1.5 (272)-, se encuentran en el rango bajo cuando se comparan dichos resultados con la literatura actual, que presenta valores de entre el 6%-40% (73,82-90). Es importante resaltar que en el grupo de estudio no se han excluido fracturas tipo A3, cuyo potencial de riesgo de fractura es mayor al presentar múltiples trazos de fractura en comparación con las fracturas del grupo A1.

En cuanto a la localización de las fugas, un caso presentó una fuga de 1,5mm en el espacio discal y el resto de las mismas se localizaron en las partes blandas

paravertebrales, no existiendo fugas intracanal. En los distintos estudios se presentan tasas de fuga intracanal del 1,6% aproximadamente(254), con grave riesgo neurológico para los pacientes.

Esta tasa significativamente menor que la publicada es debido a la existencia de los implantes de titanio que van a actuar como armazón estructural haciendo que la distribución del cemento siga un patrón en forma de herradura alrededor de los implantes. (figura.159)

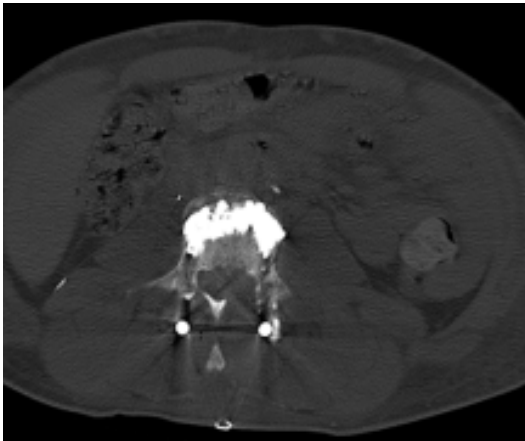


Fig.159. Patrón distribución de cemento con forma de herradura

La eficiencia de esta técnica quirúrgica debe tener en cuenta los recursos utilizados para su realización, fundamentalmente la estancia hospitalaria, y de forma principal la estancia postoperatoria.

La estancia postquirúrgica inferior a 2 días, a pesar de estar influenciada por la realización de un estudio clínico, implica que los costes derivados de la misma en comparación con las distintas técnicas aplicadas para este tipo de fracturas no se ven incrementados más allá de la propia intervención quirúrgica por necesidad de seguimiento o tratamiento hospitalario. La independencia de movilidad, como se ve reflejada en la escala EVA y en el consumo de analgésicos, desde el

postoperatorio inmediato colabora de forma importante en la eficiencia del tratamiento.

Sería interesante valorar desde un punto de vista de la eficiencia del procedimiento, los costes farmacológicos, días de baja laboral y costes de dependencia ahorrados en los pacientes sometidos a tratamiento quirúrgico. Esta situación precisaría de un estudio epidemiológico potente y multicéntrico de los costes asociados a una fractura vertebral independientemente del tratamiento realizado así como poner en relación con los años de vida ganados en cada rama de tratamiento. Este análisis nos permitiría generar guías clínicas de trabajo que mejorarían el uso de los recursos económicos de los sistemas de salud.

Existe una cuestión biológica que permanece pendiente en esta tesis doctoral, relativa a la biología ósea en contacto con cemento PMMA. En la situación actual no existe ningún cemento biológico que tenga propiedades mecánicas que permitan su utilización en la práctica clínica sin soporte externo, por lo que la utilización de cemento PMMA como sistema de fijación permanece como el único sistema eficaz para realizar dicha labor. No existen publicaciones de efectos adversos relacionados con la intolerancia al cemento, lo cual no implica la necesidad de un desarrollo de nuevos materiales que nos permitan realizar fijaciones estables en un entorno más biológico. (Figuras.160-163)

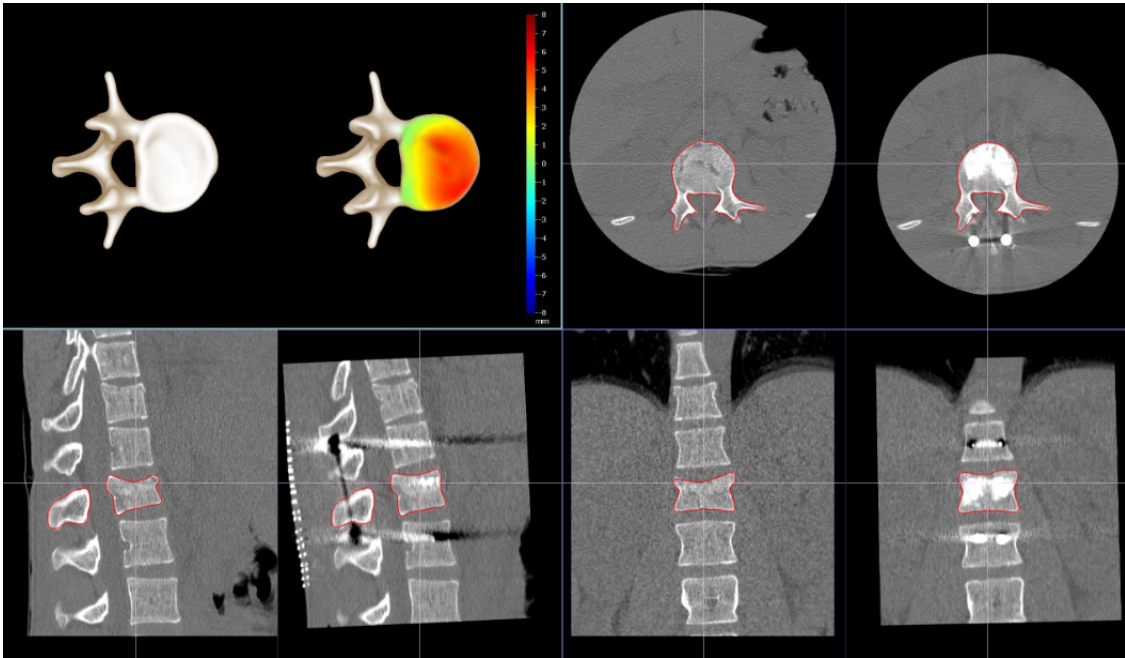


Fig.160. Fractura A3.1 tratada con cemento biológico y soporte posterior mediante tornillos transpediculares.



Fig.161. Retirada de instrumentación transpedicular. Colonización del cemento por estructura ósea. Rx lateral.





Fig.162. Retirada de instrumentación transpedicular. Colonización del cemento por estructura ósea. Rx AP.

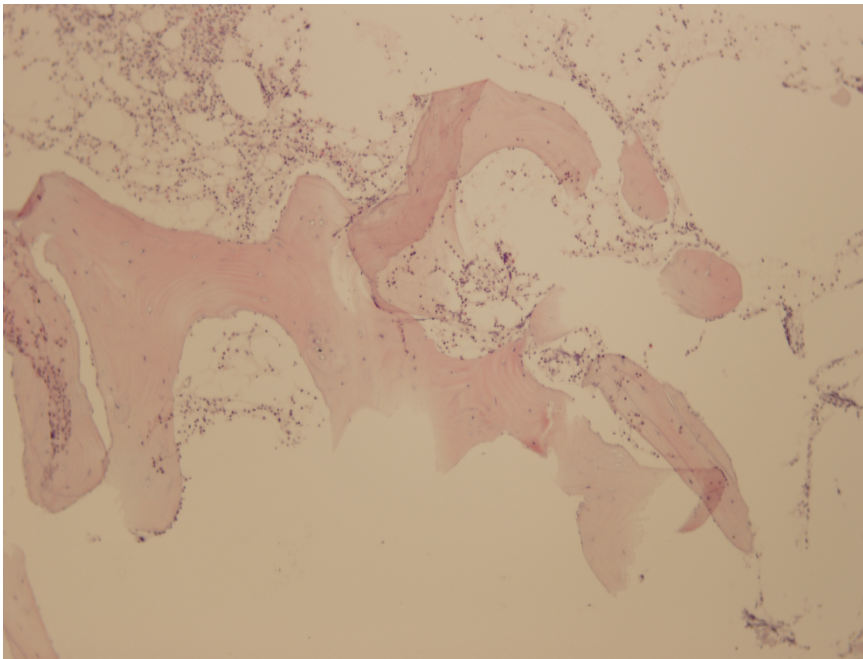


Fig.163. Biopsia ósea del cuerpo vertebral. Estructura ósea trabecular normal.

En la actualidad no se ha demostrado que las ganancias de altura vertebral y modificaciones en balance sagital tengan relación con mejorías clínicas.(254) Es

preciso estudios clínico radiológicos prospectivos y randomizados que permitan poner en relación ambos aspectos y quizás un tercero, la restauración anatómica.

Este estudio clínico prospectivo demuestra una capacidad de reducción de la fractura vertebral así como una eficacia y seguridad con tasas de fracturas adyacentes y fugas de cemento inferiores a las publicaciones científicas.

## 12. CONCLUSIONES

1. La reducción vertebral anatómica postfractura es realizable. Dicha reducción anatómica precisa:
  - a. Fractura aguda o móvil
  - b. Correcta clasificación de la fractura preoperatoria
  - c. Planificación quirúrgica
  - d. Abordaje específico en función del tipo de fractura
2. No existen diferencias en cuanto al sexo que predeterminen una limitación en la capacidad de reducción vertebral
3. Las diferencias entre los grupos de edad encontradas en el estudio son achacables a diferencias en el conocimiento exacto de la antigüedad de la fractura y no a la edad de los pacientes.
4. La reductibilidad de las fracturas vertebrales no está influenciada por la localización en el raquis.
5. La reducción anatómica ha tenido influencia en la cifosis locoregional, modificando de forma estadísticamente significativa el balance sagital del raquis.
6. La influencia de la reducción anatómica en el balance sagital ha generado una gran homogeneidad en los resultados del balance sagital, lo que implica una consistencia elevada en el control del perfil.
7. En el grupo de hombres la reducción anatómica ha conseguido resultados del ángulo 3D que no presentan diferencias significativas con la referencia anatómica. En el grupo de mujeres existe una significación estadística de la

diferencia angular (1,23º) con la normalidad anatómica. Esta pequeña diferencia existente entre ambos grupos con respecto a la normalidad anatómica debe tener en cuenta variaciones como la masa muscular, e incluso la diferencia funcional de la masa muscular.

8. El valor angular en el grupo de menores de 55 años se normaliza en mayor medida que en los mayores. Dicha evolución es concordante con los datos de altura vertebral, así como con el conocimiento exacto de la antigüedad de la fractura.

9. Capacidad de aplicación de principios AO.

a. La reducción de los fragmentos de la superficie articular vertebral precisa de fuerzas internas en sentido craneocaudal, ya que la reducción cerrada mediante ligamentotaxis no es alcanzable.

b. El disco intervertebral y la superficie articular no reducidos van a generar una inestabilidad progresiva del segmento vertebral.

c. Es posible obtener una reducción anatómica vertebral que restaure la congruencia articular.

d. La movilización inmediata de los pacientes ha evitado las complicaciones de la pérdida funcional y

e. permitido una mejora en la calidad de vida.

10. El método de computación matemática ha demostrado eficacia y reproducibilidad en el estudio en todos los parámetros analizados.

11. La eficacia del tratamiento en la consecución del objetivo de tratar una fractura vertebral ha sido excelente:

a. Desde el análisis radiológico porque los resultados han estado en el rango de lo esperado al inicio del estudio.

- b. Desde el análisis del dolor de los pacientes la evolución a lo largo del estudio ha sido completamente satisfactoria.
- c. El gasto en consumo de analgésicos ha disminuido en este grupo de pacientes con respecto a la población de referencia no tratada quirúrgicamente.
- d. El incremento en la calidad de vida ha sido plenamente satisfactorio con las expectativas creadas.

Es evidente, que no hemos conseguido la perfección en el tratamiento de las fracturas vertebrales por compresión, pero el análisis de los datos ha permitido:

1. Mejorar la técnica quirúrgica.
2. Diseñar estudios mecánicos para estudiar parámetros como el volumen de cemento necesario para obtener una fijación estable y que a la vez permita una integración biológica del material de fijación.
3. Plantear estudios comparativos con otro tipo de técnicas quirúrgicas con el fin de evaluar las mismas y poder plantear la mejor indicación en función del tipo de fractura.
4. Continuar con estudios clínicos-radiológicos que nos permitan mejorar el manejo de las fracturas vertebrales:
  - a. establecer los criterios para elegir el mejor momento para la indicación quirúrgica.
  - b. tipo de abordaje quirúrgico.
  - c. planificación preoperatoria.
5. Implementar el software de análisis para:

- a. Calculo de la morfología y tamaño de la vértebra fracturada en la situación prefractura
- b. Utilización de la RMN como prueba radiológico no invasiva para la realización de todo el análisis tridimensional. Esta situación permitiría disminuir la radiación a los pacientes, abriría la posibilidad de estudios clínicos radiológicos con mayor control de los parámetros de imagen y por tanto mejora en los datos disponibles para mejorar el manejo de las fracturas vertebrales por compresión.

### 13. BIBLIOGRAFIA

1. Borrelli J Jr, Torzilli PA, Grigiene R, et al. Effect of impact load on articular cartilage: development of an intra-articular fracture model. *J Orthop Trauma* 1997; 11(5): 319-326.
2. Mankin HJ. The response of articular cartilage in mechanical injury. *J Bone Joint Surg (Am)* 1986; 64(3): 460-466.
3. Askew M, Mow VC. The biomechanical function of the collagen fibril ultrastructure of articular cartilage. *J Biomech Eng* 1978; 100: 105-115.
4. Milgram JW. Injury to articular cartilage Joint surfaces:II. Displaced fractures of underlying bone. A histopathologic study of human tissue specimens. *Clin Orthop* 1986; 206: 236-247.
5. Charnley J. *The Closed treatment of Common fractures*. Edinburgh: Livingstone;1961.
6. Schatzker J, Lambert DC. Supracondylar fractures of the femur. *Clin Orthop* 1979; 138: 77-83.
7. Schatzker J, Tile M, Axelrod T, Hu R, Stephen D. *The Rationales of Operative Fracture Care*. 3<sup>a</sup>ed. New York: Springer; 2005.
8. Ruedi TP, Murphy WN. *Principios de la AO en el tratamiento de las fracturas*. Barcelona:Masson., 2002.
9. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J* 1994; 3: 184-201.

10. Barnett E, Nordin BEC. The radiological diagnosis of osteoporosis; a new approach. *Clin Radiol* 1960; II: 166-174.
11. Hurxthal LM, Vose GP, Dotter WE. Densitometric and visual observation of spinal radiographs. *Geriatrics* 1969; 24(5): 93-106.
12. Black DM, Arden NK, Palermo L, Pearson J, Cummings SR. Prevalent Vertebral Deformities Predict Hip fractures and new vertebral deformities but not wrist fractures. *Journal of Bone and Mineral Res* 1999; 14: 821-828.
13. Melton LJ, Kan SH, frye MA, Wahner HW, O'Fallon WM, Riggs BL. Epidemiology of vertebral fractures in women. *Am J Epidemiol* 1989; 129: 1000-1011.
14. Eastell R, Cedel SL, Wahner HW, Riggs BL, Melton III LJ. Classification of vertebral fractures. *Journal of Bone and Mineral Res* 1991; 6: 207-215.
15. McCloskey EV, Spector TD, Eyres KS, Fern ED, O'Rourke N, Vasikaran S, Kanis JA. The assessment of vertebral deformity: a method for use in population studies and clinical trials. *J Bone Miner Res* 1993; 3: 138-147.
16. Sauer P, Leidig G, Minne HW, Duckeck G, Schwarz W. Spine Deformity Index (SDI) versus other objective procedures of vertebral fractures identification in patients with osteoporosis: A comparative study. *Journal of Bone and Mineral Res* 1991; 6: 227-238.
17. Hedlund LR, Gallagher JC. Vertebral morphometry diagnosis of spinal osteoporosis. *Bone Miner* 1988; 5: 59-67.
18. Davies KM, Recker RR, Heaney RP. Normal vertebral dimensions and normal variation in serial measurements of vertebrae. *J Bone Miner Res* 1989; 4: 341-349.



19. Minne HW, Leidig G, Wuster C, Siromachkostov L, Baldauf G, Bickel R, Sauer P, Lojen M, Ziegler R. A newly developed spine deformity index(SDI) to quantitative vertebral crush fractures in patients with osteoporosis. *Bone Miner* 1988; 3: 335-349.
20. Black DM, Palermo L, Nevitt MC, Genant HK, Epstein R, San Valentin R, Cummings SR. Comparison of methods for Defining prevalent vertebral deformities: The study of Osteoporotic Fractures. *Journal of Bone and Mineral Res* 1995; 10: 890-902.
21. Grados F, Fechtebaum J, Flipon E, Kolta S, Roux C, Fardellone P. Radiographic methods for evaluating osteoporotic vertebral fractures. *Joint Bone Spine* 2009; 76: 241-247.
22. Jiang G, Eastell R, Barrington NA, et al. Comparison of methods for the visual identification of prevalent vertebral fracture in osteoporosis. *Osteoporosis Int* 2004; 15: 887-896.
23. Fink HA, Milavetz DL, Palermo L, Nevitt MC, Cauley JA, Genant HK, Black DM, Ensrud KE; Fracture Intervention Trial Research Group. What proportion of incident radiographic vertebral deformities is clinically diagnosed and vice versa?. *J Bone Miner Res* 2005; 20(7): 1216-22.
24. Tzermiadianos M, Renner S, Phillips F, Hadjipavlou A, Zindrick M, Havey R, Voronov M, Patwardhan A. Altered disc pressure profile after an osteoporotic vertebral fracture is a risk factor for adjacent vertebral body fracture. *Eur Spine J* 2008; 17(11): 1522–1530.
25. Oner F, Van der Rijt R, Ramos L, Dhert W, Verbout J A. Changes in the disc space after fractures of the thoracolumbar spine. *J Bone Joint Surg [Br]* 1998; 80-B: 833-9.

26. Hartofilakodis G, Papathanasiou BT. Orthopaedics in Ancient Greece. *Clin Orthop* 1972; 88: 308-12.
27. Aravantinos AP. Asklepeios and Asklepeia. Lipsiae. Editor B. Dragoulinos; 1907.
28. Citak G, Naderi S. History of spine biomechanics, in Naderi S(ed): *Essentials of Spine Biomechanics*. Izmir, Publications of Spine and Peripheral Nerve Surgery Section of the Turkish Neurosurgical Society, 2004; 1-8.
29. Knoeller SM, Seifried C. Historical Perspective. *Spine* 2000; 25(21): 2838-2843.
30. Marketos SG, Skiadas PK. The modern Hippocratic tradition. Some messages for contemporary medicine. *Spine* 1999; 24: 1159-63
31. Aristotle. Parts of animals. In: Page TE, Capps E, Rouse WHD, eds. Peck AL, trans. *Aristotle: The Loeb Classical Library*. London: W. Heinemann, 1937: 1-433.
32. Hippocrates. On Nature of Bones. In: Littre PE, ed. *Oeuvres Completes d' Hippocrate*. Vol. 9. Amsterdam: A. M. Hakkert, 1982: 162-97.
33. Marketos SG. Hippocratic medicine and philosophy at the turn of the 20th century: Some prophetic messages. *Proceedings of the 1st International Medical Olympiad*. Kos Island, Greece: International Hippocratic Foundation of Kos, 1996: 59-71.
34. Marketos SG. Hippocratic medicine. In: Marketos SG, ed. *Illustrated History of Medicine*. Athens: Zita, 1993: 53-74.
35. Sigerist HE. *A History of Medicine*. Vol. II. New York: Oxford University Press, 1961: 260-95.

36. Hippocrates. On Joints. In: Capps E, Page TE, Rouse WHD, eds. Withington ET, trans. Hippocrates: The Loeb Classical Library. Vol. III. London: W. Heinemann, 1927: 200–397.
37. Kumar K. Spinal deformity and axial traction. *Spine* 1996; 21: 653–5.
38. Nutton V. Galen in the eyes of his contemporaries. *Bull Hist Med* 1984; 58: 315-24.
39. Marketos SG, Skiadas PK, Galen: a Pioneer of spine research. *Spine* 1999; 24: 2358-62.
40. Xarchas K, Bourandas J. Injuries and Diseases of the Spine in the Ancient times. *Spine* 2003; 28: 1481-1484.
41. Mahlfeld A. Das chirurgische Erbe. Ambroise Pare. *Zentralblatt für Chirurgie* 1991; 116: 1033-6.
42. Böhler L. Die Technik der Knochenbruchbehandlung. 5.A. Maudrich, Wien, 1937.
43. Chin DK, Kim YS, Cho YE, Shin JJ. Efficacy of postural reduction in osteoporotic vertebral compression fractures followed by percutaneous vertebroplasty. *Neurosurgery* 2006; 58(4): 695-700.
44. Cooper C, Melton LJ III. Vertebral fractures, how large is the silent epidemic? *BMJ*. 1992; 304: 793–794.
45. Johnell O, Gullberg B, Kanis JA. The hospital burden of vertebral fracture in Europe: a study of National Register Sources. *Osteoporos Int*. 1997; 7: 138–144.
46. Jacobsen SJ, Cooper C, Gottlieb MS, et al. Hospitalization with vertebral fracture among the aged. *Epidemiology* 1992; 3: 515–518.

47. Agee JM. External fixation. Technical advances based upon multiplanar ligamentotaxis. *Orthop Clin North Am* 1993; 24(2): 265-74.
48. Leung KS, Shen WY, Leung PC, Kinninmonth AW, Chang JC, Chan GP. Ligamentotaxis and bone grafting for comminuted fractures of the distal radius. *JBJS (Br)* 1989; 71-B: 838-42.
49. Kuner EH, Kuner A, Schlickewei W, Mullaji AB. Ligamentotaxis with an internal spinal fixator for thoracolumbar fractures. *JBJS (Br)* 1994; 76-B: 107-12.
50. Mueller LA, Mueller LP, Schmidt R, Forst R, Rudig L. The phenomenon and efficiency of ligamentotaxis after dorsal stabilization of thoracolumbar burst fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 2006; 126: 364-368.
51. Lin RM, Panjabi MM, Oxland TR. Functional radiographs of acute thoracolumbar burst fractures. A biomechanical study. *Spine* 1993; 18: 2431-2437.
52. Galibert P, Deramond H, Rosat P, Le Gars D. Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty. *Neurochirurgie* 1987; 33: 166-168.
53. Debussche-Depriester C. Percutaneous vertebroplasty with acrylic cement in the treatment of osteoporotic vertebral crush fracture syndrome. *Neuroradiology* 1991; 33: 149-152.
54. Jensen M E, Dion J E. Vertebroplasty relieves osteoporosis pain. *Diagn. Imaging (San Franc)* 1997; 19(9): 68, 71-2.
55. Barr JD, Barr MS, Lemley TJ, McCann RM. Percutaneous vertebroplasty for pain relief and spinal stabilization. *Spine* 2000; 25: 923-928.

56. Cortet B, Cotten A, Boutry N, Flipo RM, Duquesnoy B, Chastanet P, Delcambre B. Percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures: An open prospective study. *J. Rheumatol* 1999; 26: 2222-2228.
57. Cyteval C, Sarrabere MP, Roux JO, Thoma E, Jorgensen C, Blotman F, Sany J, Taourel P. Acute osteoporotic vertebral collapse: Open study on percutaneous injection of acrylic surgical cement in 20 patients. *AJR* 1999; 173: 1685-1690.
58. Grados F, Depriester C, Cayrolle G, Hardy H, Deramond H, Fardellone P. Long term observations of vertebral osteoporotic fractures treated by percutaneous vertebroplasty. *Rheumatology (Oxford)* 2000; 39: 1410-1414.
59. Martin JB, Jean B, Sugiu K, San Millan Ruiz D, Piotin M, Murphy K, Rufenacht B, Muster M, Rufenacht DA. Vertebroplasty: Clinical experience and follow-up results. *Bone* 1999; 25: 11S-15S.
60. Weill A, Chiras J, Simon JM, Rose M, Sola-Martinez T, Enkaoua E. Spinal metastases: Indications for and results of percutaneous injection of acrylic surgical cement. *Radiology* 1996; 199: 2412-247.
61. Belkoff, S. M., M. Maroney, D. C. Fenton, and J. M. Mathis. An in vitro biomechanical evaluation of bone cements used in percutaneous vertebroplasty. *Bone* 1999; 25: 23S-26S.
62. Belkoff, S. M., J. M. Mathis, E. M. Erbe, and D. C. Fenton. Biomechanical evaluation of a new bone cement for use in vertebroplasty. *Spine* 2000; 25: 1061-1064.

63. Deramond, H., N. T. Wright, and S. M. Belkoff. Temperature elevation caused by bone cement polymerization during vertebroplasty. *Bone* 1999; 25: 17S–21S.
64. Tohmeh, A. G., J. M. Mathis, D. C. Fenton, A. M. Levine, and S. M. Belkoff. Biomechanical efficacy of unipedicular versus bipedicular vertebroplasty for the management of osteoporotic compression fractures. *Spine* 1999; 24: 1772–1776.
65. Sun K, Liebschner MA. Evolution of Vertebroplasty: A Biomechanical Perspective. *Annals of Biomedical Engineering* 2004; 32: 77–91.
66. Sun G, Jin P, Li M, Liu XW, Li FD. Height restoration and wedge angle correction effects of percutaneous vertebroplasty: association with intraosseous clefts. *Eur Radiol* 2011; 21: 2597–2603.
67. Hulme PA, Krebs J, Ferguson SJ, Berlemann U. Vertebroplasty and Kyphoplasty: A systematic review of 69 Clinical Studies. *Spine* 2001; 31: 1983-2001.
68. Ren H, Shen Y, Zhang YZ, Ding WY, Xu JX, Yang DL, Cao JM, Correlative factor analysis on the complications resulting from cement leakage after percutaneous kyphoplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture *J Spinal Disord Tech* 2010; 23: 9-15.
69. Cotten A, Boutry N, Cortet B, et al. Percutaneous vertebroplasty: state of the art. *Radiographics* 1998; 18: 311-323.
70. Kaemmerlen P, Thiesse P, Bouvard H, Biron P, Mornex F, Jonas P. Vertebroplastie percutanee dans le traitement des metastases: technique et resultats. *J Radiol* 1989; 70: 557-562.

71. Coumans JV, Reinhardt MK, Lieberman IH. Kyphoplasty for vertebral compression fractures: 1-year clinical outcomes from a prospective study. *J Neurosurg* 2003; 99: 44–50.
72. Heini PF, Orler R. Kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral fractures. *Eur Spine J* 2004; 13: 184–92.
73. Lieberman IH, Dudeney S, Reinhardt MK, Bell G. Initial outcome and efficacy of "kyphoplasty" in the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine*. 2001; 26(14): 1631-8.
74. Dudeney S, Lieberman IH, Reinhardt MK, Hussein M. Kyphoplasty in the treatment of osteolytic vertebral compression fractures as a result of multiple myeloma. *J Clin Oncol* 2002; 20(9): 2382-7.
75. Pradhan BB, Bae HW, Kropf MA, Patel VV, Delamarter RB. Kyphoplasty reduction of osteoporotic vertebral compression fractures: correction of local kyphosis versus overall sagittal alignment. *Spine* 2006; 31(4): 435-41.
76. Garfin SR, Reilly MA. Minimally invasive treatment of osteoporotic vertebral body compression fractures. *Spine* 2002; 27(1): 76-80.
77. Toyone T, Toyone T, Tanaka T, Wada Y, Kamikawa K, Ito M, Kimura K, Yamasita T, Matsushita S, Shioi R, Kato D, Kaneyama R, Otsuka M. MD Changes in Vertebral Wedging Rate Between Supine and Standing Position and its Association With Back Pain: A Prospective Study in Patients With Osteoporotic Vertebral Compression Fractures. *Spine* 2006; 31(25): 2963–2966.
78. McKiernan F, Jensen R, Faciszewski T. The Dynamic Mobility of Vertebral Compression Fractures. *Journal Of Bone And Mineral Research* 2003; 18(1): 24-9.

79. Verlaan JJ, Van de Kraats EB, Oner FC, Van Walsum T, Niessen WJ, Dhert WJ. The reduction of endplate fractures during balloon vertebroplasty: a detailed radiological analysis of the treatment of burst fractures using pedicle screws, balloon vertebroplasty, and calcium phosphate cement. *Spine* 2005; 30(16): 1840-5.
80. Hiwatashi A, Moritani T, Numaguchi Y, Westesson PL. Increase in vertebral body height after vertebroplasty. *AM J Neuroradiol* 2003; 24(2): 185-9.
81. Tomita S, Molloy S, Abe M, Belkoff SM. Ex Vivo Measurement of Intravertebral Pressure During Vertebroplasty. *Spine* 2004; 29(7): 723-725.
82. Phillips FM. Minimally invasive treatments of osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine* 2003; 28(15 Suppl): S45-53.
83. McKiernan F, Faciszewski T, Jensen R. Quality of life following vertebroplasty. *J Bone and Surg(Am)* 2004; 86-A(12): 2600-6.
84. Voggenreiter G. Balloon kyphoplasty is effective in deformity correction of osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine* 2005; 30(24): 2806-12.
85. Ren H, Shen Y, Zhang YZ, Ding WY, Xu JX, Yang DL, Cao JM. Correlative factor analysis on the complications resulting from cement leakage after percutaneous kyphoplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture. *J Spinal Disord Tech* 2010; 23(7): e9-15.
86. McGirt MJ, Parker SL, Wolinsky JP, Witham TF, Bydon A, Gokaslan ZL. Vertebroplasty and kyphoplasty for the treatment of vertebral compression fractures: an evidenced-based review of the literature. *Spine* 2009; 9(6): 501-8.



87. Anselmetti GC, Muto M, Guglielmi G, Masala S. Percutaneous vertebroplasty or kyphoplasty. *Radiol Clin North Am* 2010; 48(3): 641-9.
88. Taylor RS, Taylor RJ, Fritzell P. Balloon kyphoplasty and vertebroplasty for vertebral compression fractures: a comparative systematic review of efficacy and safety. *Spine* 2006; 31(23): 2747-55.
89. Ma XL, Xing D, Ma JX, Xu WG, Wang J, Chen Y. Balloon kyphoplasty versus percutaneous vertebroplasty in treating osteoporotic vertebral compression fracture: grading the evidence through a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J* 2012; 21(9): 1844-59.
90. Wardlaw D, Cummings SR, Van Meirhaeghe J, Bastian L, Tillman JB, Ranstam J, Eastell R, Shabe P, Talmadge K, Boonen S. Efficacy and safety of balloon kyphoplasty compared with non-surgical care for vertebral compression fracture (FREE): a randomised controlled trial. *Lancet*. 2009; 373(9668): 1016-24.
91. Ishihara H, Osada R, Kanamori M, et al. Minimum 10-year follow-up study of anterior lumbar interbody fusion for isthmic spondylolisthesis. *J Spinal Disord* 2001; 14: 91-9.
92. Axelsson P, Johnsson R, Stromqvist B, et al. Posterolateral fusion. Outcome of 71 consecutive operations after 4(2-7) years. *Acta Orthop Scand* 1994; 65: 309-14.
93. Hambly MF, Wiltse LI, Raghavan N, et al. The transition zone above a lumbosacral fusion. *Spine* 1998; 23: 1785-92.
94. Kumar MN, Jacquot F, Hall H. Long-term follow-up of functional outcomes and radiographic changes at adjacent levels following lumbar fusion for degenerative disc disease. *Eur Spine J* 2001; 10: 309-13.

95. Wimmer C, Gluch H, Krismer M, et al. AP\_translation in the proximal disc adjacent to lumbar spine fusion. A retrospective comparison of mono- and polysegmental fusion in 120 patients. *Acta Orthop Scand* 1997; 68: 269-72.
96. Aota Y, Kumano K, Hirabayashi S. Postfusion instability at the adjacent segments after rigid pedicle screw fixation for degenerative lumbar spinal disorders. *J Spinal Disord* 1995; 8: 464-73.
97. Lehman TR, Spratt KF, Tozzi JE, et al. Long-term follow-up of lower lumbar fusion patients. *Spine* 1987; 12: 97-104.
98. Rahm MD, Hall BB. Adjacent-segment degeneration after lumbar fusion with instrumentation: a retrospective study. *J Spinal Disord* 1996; 9: 392-400.
99. Wiltse LI, Radecki SE, Biel HM, et al. Comparative study of the incidence and severity of degenerative change in the transition zones after instrumented versus noninstrumented fusions of the lumbar spine. *J Spinal Disord* 1999; 12: 27-33.
100. Lawrence BD, Wang J, Arnold PM, Hermsmeyer J, Norvell DC, Brodke DS. Predicting the risk of adjacent segment pathology after lumbar fusion: a systematic review. *Spine* 2012; 37(22 Suppl): S123-32.
101. Wang JC, Arnold PM, Hermsmeyer JT, Norvell DC. Do lumbar motion preserving devices reduce the risk of adjacent segment pathology compared with fusion surgery? A systematic review. *Spine* 2012; 37(22 Suppl): S133-43.
102. Ahn DK, Park HS, Choi DJ, Kim TW, Chun TH, Yang JH, Kim DG. The difference of surgical site infection according to the methods of lumbar fusion surgery. *J Spinal Disord Tech* 2012; 25(8): E230-4.

103. Smith JS, Shaffrey CI, Sansur CA, Berven SH, Fu KM, Broadstone PA, Choma TJ, Goytan MJ, Noordeen HH, Knapp DR Jr, Hart RA, Donaldson WF 3rd, Polly DW Jr, Perra JH, Boachie-Adjei O. Rates of infection after spine surgery based on 108,419 procedures: a report from the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality Committee. *Spine* 2011; 36(7): 556-63.
104. Volumen I: Juramento; Ley; Sobre la ciencia médica; Sobre la medicina antigua; Sobre el médico; Sobre la decencia; Aforismos; Preceptos; El pronóstico; Sobre la dieta en las enfermedades agudas; Sobre la enfermedad sagrada. Madrid: Ed.Gredos, 1990.
105. Real Academia Española. Diccionario de la lengua española. 22ªed. Madrid, España, 2001.
106. Sanan A, Renganchary SS. The history of Spinal Biomechanics. *Neurosurgery* 1996, 39; 657-669.
107. Breasted JH. The Edwin Smith papyrus: An Egyptian medical treatise of the seventeenth Century before Crist. *N Y Hist Soc Q Bull* 1922; 6: 5-31.
108. Breasted JH. The Edwin Smith SURGICAL PAPYRUS. Chicago, The University of Chicago press. 1930.
109. Dawson WR. The earliest surgical treatise. *Br J Surg* 1932; 20: 34-43.
110. Eisber CA. The Edwin Smith Surgical Papyrus and the diagnosis and treatment of injuries to the Skull and spine 5000 years ago. *Ann Med Hist* 1931; 3: 271-279.
111. Eisber CA. The anatomy and surgery of the Edwin Smith Surgical papyrus. *Mt Sinai Hosp J* 1945; 12: 141-151.
112. Majno G: *The Healing Hand: Man and Wound in the Ancient World.*

- Cambridge, Harvard University Press, 1975.
113. Heary RF, Madhavan K. The history of spinal deformity. *Neurosurgery* 2008; 63(3S): 5-15.
  114. Acar F, Naderi S, Güvençer M, Türe U, Arda MN: Herophilus of Chalcedon: A pioneer of neuroscience. *Neurosurgery* 2005; 56: 861–867.
  115. Hippocrates: The Genuine Works of Hippocrates[translated from the Greek by Adams F]. Baltimore, Williams &Wilkins, 1939, pp 231-241.
  116. Marketos SG, Skiadas P: Hippocrates. The father of spine surgery. *Spine* 1999; 24: 1381–1387.
  117. Fung YC: *Biomechanics: Mechanical Properties of Living Tissues*. New York, Springer Verlag, 1993, pp 1–13.
  118. Rasch PJ: Notes toward a history of kinesiology. I. *J Am Osteopath Assoc* 1958; 57: 572–574.
  119. Hirt S: What is Kinesiology? A historical review. *Phys Ther Rev* 1955; 35: 419-426.
  120. Braun GL: Kinesiology: From Aristotle to the twentieth century. *Res Q* 1941; 12: 164–173.
  121. Missios S. Hippocrates, Galen, and the uses of trepanation in the ancient classical World. *Neurosurg Focus* 2007; 23(1): E11.
  122. Kumar K: Did the modern concept of axial traction to correct scoliosis exist in prehistoric times?. *J Neurol Orthop Med Surg* 1987; 8: 309–310.
  123. Naderi S, Acar F, Mertol T, Arda MN: Functional anatomy of the spine by Avicenna in his eleventh century treatise *Al-Qanun fi al-Tibb* (The canons of medicine). *Neurosurgery* 2003; 52: 1449–1454.
  124. Benini A, Bonar SK: Andreas Vesalius 1514–1564. *Spine* 1996; 21: 1388–

- 1393.
125. Borelli GA: *On the Movement of Animals*. Berlin, Springer-Verlag, 1989.
126. Provencher MT, Abdu WA: Giovanni Alfonso Borelli: "Father of spinal biomechanics". *Spine* 2000; 25: 131–136.
127. Maquet P: Iatrophysics to biomechanics. From Borelli (1608–1679) to Pauwels (1885–1980). *J Joint Bone Surg Br* 1992; 74: 335–339.
128. Gribbin J: *Science. A history*. London, Penguin books, 2003, pp 1453–2001.
129. Wolff J: Concerning the interrelationship between form and function of the individual parts of the organism. *Clin Orthop*.1988; 228: 2-11.
130. Burrell H: Fracture of the spine: A summary of all the cases (244) which were treated at the Boston City Hospital from 1864 to 1905. *Ann Surg* 1905; 42: 481-506.
131. Anonymous: Carl Hirsch. *J Bone Joint Surg Am*.1974; 56: 210-211.
132. Friberg S, Hirsch C: Anatomical and clinical studies on lumbar disc degeneration. *Acta Orthop Scand* 1949; 19: 222–242.
133. Hirsch C: Studies on the mechanism of low-back pain. *Acta Orthop Scandinavica* 1951; 20: 261–274.
134. Hirsch C: The reaction of intervertebral discs to compression forces. *J Bone Joint Surg Am* 1955; 37A: 1188–1196.
135. Hirsch C, Nachemson A: New observations on the mechanical behavior of lumbar discs. *Acta Orthop Scandinavica* 1954; 23: 254–283.
136. Brown T, Hansen RJ, Yorra AJ: Some mechanical tests on the lumbosacral spine with particular reference to the intervertebral discs; a preliminary report. *J Bone Joint Surg* 1957; 39A: 1135–1164.

137. Hirsch C: The pathogenesis of chondromalacia of the patella. *Acta Chir Scand Suppl* 1944; 83: 1–107.
138. Hirsch C, Nachemson A: Clinical observations on the spine in ejected pilots. *Acta Orthop Scand* 1961; 31: 135–145.
139. Nachemson A: Measurement of intradiscal pressure. *Acta Orthop Scand* 1959; 28: 269–289.
140. Nachemson A, Morris J: Lumbar discometry. Lumbar intradiscal pressure measurements in vivo. *Lancet* 1963; 25: 1140–1142.
141. Nachemson A: The influence of spinal movements on the lumbar intradiscal pressure and on the tensile stresses in the annulus fibrosus. *Acta Orthop Scand* 1963; 33: 183–207.
142. Nachemson A: The possible importance of the psoas muscle for stabilization of the lumbar spine. *Acta Orthop Scand* 1968; 39: 47–57.
143. Roaf R: A study of the mechanics of spinal injuries. *J Bone Joint Surg* 1960; 42B: 810–823.
144. Sylven B, Paulson S, Hirsch C, Snellman O: Biophysical and physiological investigations on cartilage and other mesenchymal tissues. II. The ultrastructure of bovine and human nuclei pulposi. *J Bone Joint Surg Am* 1951; 33A: 333–340.
145. Kowalski RJ, Ferrara LA, Benzel EC. Biomechanics of the spine. *Neurosurg Quarterly* 2005; 15: 42-59.
146. Panjabi MM, Tech D, White AA 3rd. Basic Biomechanics of the Spine. *Neurosurgery* 1980; 7(1): 76-93.
147. Wu SS, Lachmann E, Nagler W. Current medical, rehabilitation, and surgical management of vertebral compression fractures. *J Womens*

- Health 2003; 12(1): 17-26.
148. Silverman SL. The clinical consequences of vertebral compression fracture. *Bone* 1992; 13 Suppl 2: S27-31.
149. DeVivo MJ. Causes and costs of spinal cord injury in the United States. *Spinal Cord* 1997; 35(12): 809-13.
150. Price C, Makintubee S, Herndon W, Istre GR. Epidemiology of traumatic spinal cord injury and acute hospitalization and rehabilitation charges for spinal cord injuries in Oklahoma, 1988-1990. *Am J Epidemiol* 1994; 139(1): 37-47.
151. Lenehan B, Street J, Kwon BK, Noonan V, Zhang H, Fisher CG, Dvorak MF. The epidemiology of traumatic spinal cord injury in British Columbia, Canada. *Spine* 2012; 37(4): 321-9.
152. Dryden DM, Saunders LD, Rowe BH, May LA, Yiannakoulias N, Svenson LW, Schopflocher DP, Voaklander DC. The epidemiology of traumatic spinal cord injury in Alberta, Canada. *Can J Neurol Sci* 2003; 30(2): 113-21.
153. Ersmark H, Löwenhielm P. Factors influencing the outcome of cervical spine injuries. *J Trauma* 1988; 28(3): 407-10.
154. Johansson C, Mellström D, Rosengren K, Rundgren A. Prevalence of vertebral fractures in 85-year-olds. Radiographic examination of 462 subjects. *Acta Orthop Scand* 1993; 64(1): 25-7.
155. Price C, Makintubee S, Herndon W, Istre GR. Epidemiology of traumatic spinal cord injury and acute hospitalization and rehabilitation charges for spinal cord injuries in Oklahoma, 1988-1990. *Am J Epidemiol* 1994; 139(1): 37-47.

156. Pickett, Gwynedd E; Campos-Benitez, Mauricio; Keller, Jana L; Duggal, Neil. Epidemiology of traumatic spinal cord injury in Canada. *Spine* 2006; 7: 799-805.
157. Hu, R; Mustard, C A; Burns, C. Epidemiology of incident spinal fracture in a complete population. *Spine* 1996; 21: 492-499.
158. Cooper C, Atkinson EJ, O'Fallon WM, Melton LJ 3rd. Incidence of clinically diagnosed vertebral fractures: a population-based study in Rochester, Minnesota, 1985-1989. *J Bone Miner Res* 1992; 7(2): 221-7.
159. Price C, Makintubee S, Herndon W, Istre GR. Epidemiology of traumatic spinal cord injury and acute hospitalization and rehabilitation charges for spinal cord injuries in Oklahoma, 1988-1990. *Am J Epidemiol* 1994; 139(1): 37-47.
160. Chou D, Wang VY, Storm PB. Pedicle subtraction osteotomies for the correction of post-traumatic thoracolumbar kyphosis. *J Clin Neurosci* 2010; 17(1): 113-7.
161. Melton LJ 3rd, Chrischilles EA, Cooper C, Lane AW, Riggs BL. Perspective. How many women have osteoporosis?. *J Bone Miner Res* 1992; 7(9): 1005-10.
162. Genant HK, Cooper C, Poor G, Reid I, Ehrlich G, Kanis J, Nordin BE, Barrett-Connor E, Black D, Bonjour JP, Dawson-Hughes B, Delmas PD, Dequeker J, Ragi Eis S, Gennari C, Johnell O, Johnston CC Jr, Lau EM, Liberman UA, Lindsay R, Martin TJ, Masri B, Mautalen CA, Meunier PJ, Khaltaev N, et al. Interim report and recommendations of the World Health Organization Task-Force for Osteoporosis. *Osteoporos Int*. 1999; 10(4): 259-64.



163. Cooper C, Atkinson EJ, Jacobsen SJ, O'Fallon WM, Melton LJ 3rd. Population-based study of survival after osteoporotic fractures. *Am J Epidemiol* 1993; 137(9): 1001-5.
164. Melton LJ 3rd, Kan SH, Frye MA, Wahner HW, O'Fallon WM, Riggs BL. Epidemiology of vertebral fractures in women. *Am J Epidemiol* 1989; 129(5): 1000-11.
165. Olszynski WP, Shawn Davison K, Adachi JD, Brown JP, Cummings SR, Hanley DA, Harris SP, Hodsman AB, Kendler D, McClung MR, Miller PD, Yuen CK. Osteoporosis in men: epidemiology, diagnosis, prevention, and treatment. *Clin Ther* 2004; 26(1): 15-28.
166. National Osteoporosis Foundation 2002 America's Bone Health: The state of Osteoporosis and Low Bone Mass in Our Nation. Washington, DC: National Osteoporosis Foundation, 2002.
167. Cooper C. The crippling consequences of fractures and their impact on quality of life. *Am J Med* 1997; 103(2A): 12S-17S.
168. Kado DM, Browner WS, Palermo L, Nevitt MC, Genant HK, Cummings SR. Vertebral fractures and mortality in older women: a prospective study. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Arch Intern Med* 1999; 159(11): 1215-20.
169. Yuan HA, Brown CW, Phillips FM. Osteoporotic spinal deformity: a biomechanical rationale for the clinical consequences and treatment of vertebral body compression fractures. *J Spinal Disord Tech* 2004; 17(3): 236-42.
170. Gold D, Lyles KW, Shipp KM, et al. Unexpected consequences of osteoporosis: an evolving basis for treatment decisions. In: Marcus R,

- Feldman D, Kelsey J, eds. Osteoporosis. San Diego: Academic Press; 1996: 1089–1095.
171. Kelsey JL, Browner WS, Seeley DG, et al. Risk factors for fractures of the distal forearm and proximal humerus. *Am J Epidemiol* 1992; 135: 477–489.
172. Schousboe JT, Fink HA, Lui LY, Taylor BC, Ensrud KE. Association between prior non-spine non-hip fractures or prevalent radiographic vertebral deformities known to be at least 10 years old and incident hip fracture. *J Bone Miner Res* 2006; 21(10): 1557-64.
173. Ismail AA, Cockerill W, Cooper C, Finn JD, Abendroth K, Parisi G, Banzer D, Benevolenskaya LI, Bhalla AK, Armas JB, Cannata JB, Delmas PD, Dequeker J, Dilsen G, Eastell R, Ershova O, Falch JA, Felsch B, Havelka S, Hoszowski K, Jajic I, Kragl U, Johnell O, Lopez Vaz A, Lorenc R, Lyritis G, Marchand F, Masaryk P, Matthis C, Miazgowski T, Pols HA, Poor G, Rapado A, Raspe HH, Reid DM, Reisinger W, Janott J, Scheidt-Nave C, Stepan J, Todd C, Weber K, Woolf AD, Ambrecht G, Gowin W, Felsenberg D, Lunt M, Kanis JA, Reeve J, Silman AJ, O'Neill TW. Prevalent vertebral deformity predicts incident hip though not distal forearm fracture: results from the European Prospective Osteoporosis Study. *Osteoporos Int* 2001; 12(2): 85-90.
174. Silverman SL, Minshall ME, Shen W, Harper KD, Xie S; Health-Related Quality of Life Subgroup of the Multiple Outcomes of Raloxifene Evaluation Study. The relationship of health-related quality of life to prevalent and incident vertebral fractures in postmenopausal women with osteoporosis: results from the Multiple Outcomes of Raloxifene

- Evaluation Study. *Arthritis Rheum* 2001; 44(11): 2611-9.
175. Cooper C, Melton LJ. Vertebral fractures. *BMJ* 1992; 304(6842): 1634-5.
176. Nevitt MC, Ettinger B, Black DM, Stone K, Jamal SA, Ensrud K, Segal M, Genant HK, Cummings SR. The association of radiographically detected vertebral fractures with back pain and function: a prospective study. *Ann Intern Med* 1998; 128(10): 793-800.
177. Cummings SR, Black DM, Rubin SM. Lifetime risks of hip, Colles', or vertebral fracture and coronary heart disease among white postmenopausal women. *Arch Intern Med* 1989; 149(11): 2445-8.
178. Melton LJ 3rd, Lane AW, Cooper C, Eastell R, O'Fallon WM, Riggs BL. Prevalence and incidence of vertebral deformities. *Osteoporos Int* 1993; 3(3): 113-9.
179. Melton LJ 3rd, Chrischilles EA, Cooper C, Lane AW, Riggs BL. Perspective. How many women have osteoporosis? *J Bone Miner Res* 1992; 7(9): 1005-10.
180. Lips P. Epidemiology and predictors of fractures associated with osteoporosis. *Am J Med* 1997; 103(2A): 3S-8S.
181. Naves M, Díaz-López JB, Gómez C, Rodríguez-Rebollar A, Cannata-Andía JB. Determinants of incidence of osteoporotic fractures in the female Spanish population older than 50. *Osteoporos Int* 2005; 16(12): 2013-7.
182. Grigoryan M, Guerhazi A, Roemer FW, Delmas PD, Genant HK. Recognizing and reporting osteoporotic vertebral fractures. *Eur Spine J* 2003; Suppl 2: S104-12.
183. Eastell R, Cedel SL, Wahner HW, Riggs BL, Melton LJ 3rd. Classification of vertebral fractures. *J Bone Miner Res* 1991; 6(3): 207-15.

184. Gehlbach SH, Bigelow C, Heimisdottir M, May S, Walker M, Kirkwood JR. Recognition of vertebral fracture in a clinical setting. *Osteoporos Int* 2000; 11(7): 577-82.
185. Adams MA. Abnormal stress concentrations in lumbar intervertebral discs following damage to the vertebral body: a cause of disc failure. *Eur Spine J* 1993; 1: 214-221.
186. Kanis J. Treatment of osteoporotic fracture. *Lancet* 1984; 7(1): 27-33.
187. Wilkin TJ. Changing perceptions in osteoporosis. *BMJ* 1999; 318: 862-4.
188. European Prospective Osteoporosis Study (EPOS) Group, Felsenberg D, Silman AJ, Lunt M, Armbrecht G, Ismail AA, Finn JD, Cockerill WC, Banzer D, Benevolenskaya LI, Bhalla A, Bruges Armas J, Cannata JB, Cooper C, Dequeker J, Eastell R, Felsch B, Gowin W, Havelka S, Hoszowski K, Jajic I, Janott J, Johnell O, Kanis JA, Kragl G, Lopes Vaz A, Lorenc R, Lyritis G, Masaryk P, Matthis C, Miazgowski T, Parisi G, Pols HA, Poor G, Raspe HH, Reid DM, Reisinger W, Schedt-Nave C, Stepan JJ, Todd CJ, Weber K, Woolf AD, Yershova OB, Reeve J, O'Neill TW. Incidence of vertebral fracture in Europe: results from the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS). *J Bone Miner Res* 2002; 17(4): 716-24.
189. Santavirta S, Konttinen YT, Heliövaara M, Knekt P, Lühje P, Aromaa A. Determinants of osteoporotic thoracic vertebral fracture. Screening of 57,000 Finnish women and men. *Acta Orthop Scand* 1992; 63(2): 198-202.
190. Seeman E, Melton LJ 3rd, O'Fallon WM, Riggs BL. Risk factors for spinal osteoporosis in men. *Am J Med* 1983; 75(6): 977-83.
191. Naves Diaz M, O'Neill TW, Silman AJ. The influence of alcohol

- consumption on the risk of vertebral deformity. European Vertebral Osteoporosis Study Group. *Osteoporos Int* 1997; 7(1): 65-71.
192. O'Neill TW, Silman AJ, Naves Diaz M, Cooper C, Kanis J, Felsenberg D. Influence of hormonal and reproductive factors on the risk of vertebral deformity in European women. European Vertebral Osteoporosis Study Group. *Osteoporos Int* 1997; 7(1): 72-8.
193. Melton LJ 3rd, Atkinson EJ, Khosla S, O'Fallon WM, Riggs BL. Secondary osteoporosis and the risk of vertebral deformities in women. *Bone* 1999; 24(1): 49-55.
194. Cross JD, Ficke JR, Hsu JR, Masini BD, Wenke JC. Battlefield orthopaedic injuries cause the majority of long-term disabilities. *J Am Acad Orthop Surg* 2011; 19 Suppl 1: S1-7.
195. Lemke DM. Vertebroplasty and Kyphoplasty for treatment of painful osteoporotic fractures. *J Am Acad Nurse Pract* 2005; 17(7): 268-276.
196. Lyles KW, Gold DT, Shipp KM, Pieper CF, Martinez S, Mulhausen PL. Association of osteoporotic vertebral compression fractures with impaired functional status. *Am J Med* 1993; 94(6): 595-601.
197. Ross PD. Clinical consequences of vertebral fractures. *Am J Med* 1997; 103(2A): 30S-42S.
198. O'Neill TW, Cockerill W, Matthis C, Raspe HH, Lunt M, Cooper C, Banzer D, Cannata JB, Naves M, Felsch B, Felsenberg D, Janott J, Johnell O, Kanis JA, Kragl G, Lopes Vaz A, Lyritis G, Masaryk P, Poor G, Reid DM, Reisinger W, Scheidt-Nave C, Stepan JJ, Todd CJ, Woolf AD, Reeve J, Silman AJ. Back pain, disability, and radiographic vertebral fracture in European women: prospective study. *Osteoporos Int* 2004; 15(9): 760-5.

199. Suzuki N, Ogikubo O, Hansson T. The course of the acute vertebral body fragility fracture: its effect on pain, disability and quality of life during 12 months. *Eur Spine J* 2008; 17(10): 1380-90.
200. Hasserijs R, Karlsson MK, Jónsson B, Redlund-Johnell I, Johnell O. Long-term morbidity and mortality after a clinically diagnosed vertebral fracture in the elderly--a 12- and 22-year follow-up of 257 patients. *Calcif Tissue Int* 2005; 76(4): 235-42.
201. Gaitanis IN, Carandang G, Phillips FM, Magovern B, Ghanayem AJ, Voronov LI, Havey RM, Zindrick MR, Hadjipavlou AG, Patwardhan AG. Restoring geometric and loading alignment of the thoracic spine with a vertebral compression fracture: effects of balloon (bone tamp) inflation and spinal extension. *Spine* 2005; 5(1): 45-54.
202. Lunt M, O'Neill TW, Felsenberg D, Reeve J, Kanis JA, Cooper C, Silman AJ; European Prospective Osteoporosis Study Group. Characteristics of a prevalent vertebral deformity predict subsequent vertebral fracture: results from the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS). *Bone* 2003; 33(4): 505-13.
203. Ross PD, Genant HK, Davis JW, Miller PD, Wasnich RD. Predicting vertebral fracture incidence from prevalent fractures and bone density among non-black, osteoporotic women. *Osteoporos Int* 1993; 3(3):120-6.
204. Lindsay R, Silverman SL, Cooper C, Hanley DA, Barton I, Broy SB, Licata A, Benhamou L, Geusens P, Flowers K, Stracke H, Seeman E. Risk of new vertebral fracture in the year following a fracture. *JAMA* 2001; 285(3): 320-3.
205. Fribourg D, Tang C, Sra P, Delamarter R, Bae H. Incidence of subsequent

- vertebral fracture after kyphoplasty. *Spine* 2004; 29(20): 2270-6.
206. Afzal S, Dhar S, Vasavada NB, Akbar S. Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic fractures. *Pain Physician* 2007; 10(4): 559-63.
207. Lavelle WF, Cheney R. Recurrent fracture after vertebral kyphoplasty. *Spine* 2006; 6(5): 488-493.
208. Ledlie JT, Renfro MB. Kyphoplasty treatment of vertebral fractures: 2-year outcomes show sustained benefits. *Spine* 2006; 31(1): 57-64.
209. Legroux-Gérot I, Lormeau C, Boutry N, Cotten A, Duquesnoy B, Cortet B. Long-term follow-up of vertebral osteoporotic fractures treated by percutaneous vertebroplasty. *Clin Rheumatol* 2004; 23(4): 310-7.
210. Tanigawa N, Komemushi A, Kariya S, Kojima H, Shomura Y, Sawada S. Radiological follow-up of new compression fractures following percutaneous vertebroplasty. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2006; 29(1): 92-6.
211. Trout AT, Kallmes DF, Kaufmann TJ. New fractures after vertebroplasty: adjacent fractures occur significantly sooner. *Am J Neuroradiol* 2006; 27(1): 217-23.
212. Uppin AA, Hirsch JA, Centenera LV, Pfiefer BA, Pazianos AG, Choi IS. Occurrence of new vertebral body fracture after percutaneous vertebroplasty in patients with osteoporosis. *Radiology* 2003; 226(1): 119-24.
213. Voormolen MH, Lohle PN, Juttman JR, van der Graaf Y, Fransen H, Lampmann LE. The risk of new osteoporotic vertebral compression fractures in the year after percutaneous vertebroplasty. *J Vasc Interv Radiol* 2006; 17(1): 71-6.

214. Steinmann J, Tingey CT, Cruz G, Dai Q. Biomechanical comparison of unipedicular versus bipedicular kyphoplasty. *Spine* 2005; 30(2): 201-5.
215. Dolan P, Luo J, Pollintine P, Landham PR, Stefanakis M, Adams MA. Intervertebral disc decompression following endplate damage: implications for disc degeneration depend on spinal level and age. *Spine*.2013 Mar 12.(Epub ahead of print).
216. Adams MA.Mechanical initiation of intervertebral disc degeneration *Spine* 2000; 25(13): 1625-1636.
217. Ananthakrishnan D The effect on anterior column loading due to different vertebral augmentation techniques. *Clin Biomech* 2005; 20: 25-31.
218. Klotzbuecher CM, Ross PD, Landsman PB, Abbott TA 3rd, Berger M.Patients with prior fractures have an increased risk of future fractures: a summary of the literature and statistical synthesis. *J Bone Miner Res* 2000; 15(4): 721-39.
219. Van Helden S, Cals J, Kessels F, Brink P, Dinant GJ, Geusens P. Risk of new clinical fractures within 2 years following a fracture. *Osteoporos Int* 2006; 17(3): 348-54.
220. Oda I, Cunningham BW, Buckley RA, Goebel MJ, Haggerty CJ, Orbegoso CM, McAfee PC.Does spinal kyphotic deformity influence the biomechanical characteristics of the adjacent motion segments? An in vivo animal model. *Spine* 1999; 24(20): 2139-46.
221. Seroussi RE, Krag MH, Muller DL, Pope MH (1989) Internal deformations of intact and denucleated human lumbar discs subjected to compression. *J Orthop Res* 1989; 7(1): 122-31.



222. Kurowski P, Kubo A. The relationship of degeneration of the intervertebral disc to mechanical loading conditions on lumbar vertebrae. *Spine* 1986; 11(7): 726-31.
223. Liu L, Pei F, Song Y, Zou L, Zhang C, Zhou Z. The influence of the intervertebral disc on stress distribution of the thoracolumbar vertebrae under destructive load. *Chin J Traumatol* 2002; 5(5): 279-83.
224. Nachemson A, Lewin T, Maroudas A, Freeman MA. In vitro diffusion of dye through the end-plates and the annulus fibrosus of human lumbar inter-vertebral discs. *Acta Orthop Scand* 1970; 41(6): 589-607.
225. Rohlmann A, Zander T, Bergmann G. Spinal loads after osteoporotic vertebral fractures treated by vertebroplasty or kyphoplasty. *Eur Spine J* 2006; 15(8): 1255-64.
226. Wu SS, Lachmann E, Nagler W. Current medical, rehabilitation, and surgical management of vertebral compression fractures. *J Womens Health* 2003; 12: 17-26.
227. Papaioannou A, Watts NB, Kendler DL, Yuen CK, Adachi JD, Ferko N. Diagnosis and management of vertebral fractures in elderly adults. *Am J Med* 2002; 113: 220-28.
228. Cooper C. The crippling consequences of fractures and their impact on quality of life. *Am J Med* 1997; 103(2A): 12S-17S.
229. Report on osteoporosis in the European Community. European Commission 1998.
230. Cummings SR, Melton JM. Epidemiology and outcomes of osteoporotic fractures. *Lancet* 2002; 359: 1761-67.
231. Melton LJ 3rd. Adverse outcomes of osteoporotic fractures in the general

- population. *J Bone Miner Res* 2003;18(6): 1139-41.
232. Lippuner K, Golder M, Greiner R. Epidemiology and direct medical costs of osteoporotic fractures in men and women in Switzerland. *Osteoporos Int* 2005; 2: S8-S17.
233. Leidig-Bruckner G, Minne HW, Schlaich C et al. Clinical grading of spinal osteoporosis: quality of life components and spinal deformity in women with chronic low back pain and women with vertebral osteoporosis. *J Bone Miner Res* 1997; 12: 663-75.
234. O'Neill TW, Cockerill W, Matthis C et al. Back pain, disability, and radiographic vertebral fracture in European women: a prospective study. *Osteoporos Int* 2004; 15: 760-5.
235. Gennari C, Agnusdei D, Camporeale A. Use of calcitonin in the treatment of bone pain associated with osteoporosis. *Calcif Tissue Int* 1991; 49 Suppl 2: S9-13.
236. Chen WJ, Lai PL, Tai CL, Chen LH, Niu CC. The effect of sagittal alignment on adjacent joint mobility after lumbar instrumentation- a biomechanical study of lumbar vertebrae in a porcine model. *Clin Biomech* 2004; 19(8): 763-8.
237. Hussein Ma, Vrionis FD, Allison R, Berenson J, Berven S, Erdem E, Giralt S, Jagannath S, Kyle RA, Legrand S, Pflugmacher R, Raje N, Rajkumar SV, Randall L, Roodman D, Siegel D, Vescio R, Zonder J, Durie BGM. The role of vertebral augmentation in multiple myeloma: International Myeloma Working Group Consensus Statement. *Leukemia* 2008; 22: 1479-1484.
238. Vernon-Roberts B. Disc pathology and disease states. In: Ghosh P (ed) *The biology of the intervertebral disc*. CRC Press, Boca Raton. 1988.

239. Toyone T. Changes in Vertebral Wedging Rate Between Supine and Standing Position and its Association With Back Pain: A Prospective Study in Patients With Osteoporotic Vertebral Compression Fractures. *Spine* 2006; 31(25): 2963–2966.
240. Old JL, Calvert M. Vertebral compression fractures in the elderly. *Am Fam Physician* 2004; 69: 111-16.
241. Cortet B, Roches E, Logier R, Houvenagel E, Gaydier-Souquieres G, Puisieux F, Delcambre B. Evaluation of spinal curvatures after a recent osteoporotic vertebral fracture. *Joint Bone Spine* 2002; 69: 201-08.
242. Reeve J, Lunt M, Felsenberg D, et al. European Prospective Osteoporosis Study Group. Determinants of the size of incident vertebral deformities in European men and women in the sixth to ninth decades of age: the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS). *J Bone Miner Res* 2003; 18: 1664-73.
243. O'Neill TW, Cockerill W, Matthis C et al. Back pain, disability, and radiographic vertebral fracture in European women: a prospective study. *Osteoporos Int* 2004; 15: 760-5.
244. Adachi JD, Loannidis G, Berger C et al. Canadian Multicentre Osteoporosis Study (CaMos) Re-search Group. The influence of osteoporotic fractures on health-related quality of life in community-dwelling men and women across Canada. *Osteoporos Int* 2001; 12: 903-8.
245. Schlaich C, Minne HW, Bruckner T et al. Reduced pulmonary function in patients with spinal osteoporotic fractures. *Osteoporos Int* 1998; 8(3): 261-7.
246. Ensrud KE, Thompson DE, Cauley JA, Nevitt MC, Kado DM, Hochberg MC,

- Santora AC<sup>2nd</sup>, Black DM. Prevalent vertebral deformities predict mortality and hospitalization in older women with low bone mass. Fracture Intervention Trial Research Group. *J Am Geriatr Soc* 200; 48(3): 241-9.
247. Vergnaud P, Lunt M, Scheidt-Nave C et al. Is the predictive power of previous fractures for new spine and non-spine fractures associated with biochemical evidence of altered bone remodelling? The EPOS study. European Prospective Osteoporosis Study. *Clin Chim Acta* 2002; 322: 121-32.
248. Delmas PD, Genant HK, Crans GG, Stock JL, Wong M, Siris E, Adachi JD. Severity of prevalent vertebral fractures and the risk of subsequent vertebral and nonvertebral fractures: results from the MORE trial. *Bone* 2003; 33: 522-32.
249. Dufort, P. Joint Segmentation and Deformable Registration of Fractured Vertebra Using a Synthesis of the Expectation Maximization and Belief Propagation Algorithms. Invited talk at the Special Session on Graph-Based methods in Medical Imaging, Fields-MITACS Conference on Mathematics of Medical Imaging, June 20-24,2011, University of Toronto, Toronto, Canada.
250. Jolivet E, Campana S, Skalli W. 3D reconstruction of lumbar vertebrae from computed tomography images. Abstract presented at 57th Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society, Long Beach, USA. January 13-16, 2011.
251. Hiwatashi A, Wetesson PL, Yoshiura T, Noguchi T, Togao O, Yamashita K, Kamano H, Honda H. Kyphoplasty and vertebroplasty produce the same

- degree of height restoration. *AJNR Am j Neuroradiol* 2009; 30: 669-673.
252. Alvarez L, Alcaraz M, Perez-Higueras A Granizo JJ, de Miguel I, Rosi RE, Quinones D. Percutaneous vertebroplasty: Functional improvement in patients with osteoporotic compression fractures. *Spine* 2006; 31(10): 1113-1118.
253. Shen MS , Kim YH . Vertebroplasty and kyphoplasty treatment techniques for managing osteoporotic vertebral compression fractures .*Bull NYU Hosp Jt Dis* 2006 ; 64 : 106 – 11 .
254. Korovessis P, Vardakastanis K, Repantis T, Vitsas V. Balloon kyphoplasty versus KIVA vertebral augmentation--comparison of 2 techniques for osteoporotic vertebral body fractures: a prospective randomized study. *Spine* 2013; 38(4): 292-9.
255. Rotter R , Heiner M , Fuerderer S , et al. Vertebral body stenting: a new method for vertebral augmentation versus kyphoplasty . *EurSpine J* 2010 ; 19 : 916 – 23 .
256. Ghofrani H , Nunn T , Robertson C, et al. An evaluation of fracture stabilization comparing kyphoplasty and titanium mesh repair techniques for vertebral compression fracture s : is bone cement necessary?. *Spine* 2010 ; 35 : E768 – 73 .
257. Kettler A , Schmoelz W , Shezifi Y , et al. Biomechanical performance of the new BeadEx implant in the treatment of osteoporotic vertebral body compression fractures: restoration and maintenance of height and stability . *Clin Biomech* 2006 ; 21 : 676 – 82 .
258. Lee ST , Chen JF . Closed reduction vertebroplasty for the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures. Technical note .

- JNeurosurg 2004 ; 100 : 392 – 6 .
259. Crandall D, Slaughter D, Hankins PJ, Moore C, Jerman J. Acute versus chronic vertebral compression fractures treated with kyphoplasty: early results. Spine 2004; 4: 418-424.
260. Lane JM, Hong R, Koob J, Kiechle T, Niesvizky P, Pearse R, Siegel D, Poynton AR. Kyphoplasty enhances function and structural alignment in multiple myeloma. Clin Orthop Relat Res 2004; 426: 49-53.
261. Majd ME, Farley S, Holt R. Preliminary outcomes and efficacy of the first 360 consecutive kyphoplasties for the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures. Spine 2005; 5: 244-255.
262. Korovessis P , Repantis T , Miller EL , et al. Initial clinical experience with a novel vertebral augmentation system of symptomatic vertebral compression fractures: a case series of 26 consecutive patients .BMC Musculoscelet Disord 2011 ; 12 : 206 – 10 .
263. Harrop JS , Prpa B , Reinhardt MK , et al. Primary and secondary osteoporosis' incidence of subsequent vertebral compression fractures after kyphoplasty . Spine 2004 ; 29 : 2120 – 5 .
264. Pflugmacher R , Schroeder RJ , Klostermann CK . Incidence of adjacent vertebral fractures in patients treated with balloon kyphoplasty: two years' prospective follow-up . Acta Radiol 2006 ; 47 : 830 –40 .
265. Noriega D, Ardura F, Calabia J. Analisis de la regeneracion discal postfractura vertebral despues de reduccion anatomica mediante tecnicas de diffusion y perfusion. XI SILACO, 13-15 Octubre 2011. Buenos Aires.
266. Taylor RS , Fritzel P , Taylor RJ . Balloon kyphoplasty in the Management

- of vertebral compression fractures: an updated systematic review and meta-analysis . Eur Spine J 2007 ; 16 : 1085 – 100 .
267. Eck JC , Nachtigall D , Humphreys SC , et al. Comparison of vertebroplasty and balloon kyphoplasty for treatment of vertebral compression fractures: a meta analysis of the literature . Spine J 2008; 8 : 488 – 97.
268. Gill JB , Kuper M , Chin PC , et al. Comparing pain reduction following kyphoplasty and vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures . Pain Physician 2007; 10 : 583 – 90 .
269. Bouza C , Lopez T , Magro A , et al. Efficacy and safety of balloon kyphoplasty in the treatment of vertebral compression fractures: a systematic review . Eur Spine J 2006; 15 : 1050 – 67 .
270. Kumar K, Nguyen R, Bishop S. A comparative analysis of the results of vertebroplasty and kyphoplasty in osteoporotic vertebral compression fractures. Neurosurgery 2010; 67(3 Suppl Operative): ons171-88.
271. Mirovsky Y , Anekstein Y , Shalmon E , et al. Intradiscal cement leak following percutaneous vertebroplasty . Spine 2006; 31: 1120 – 4 .
272. Yeom JS, Kim WJ, Choy WS, Lee CK, Chang BS, Kang JW. Leakage of cement in percutaneous transpedicular vertebroplasty for painful osteoporotic compression fractures. J Bone Joint Surg 2003; 85: 83-89.





## 14. INDICE DE FIGURAS

Fig.1a. Articulación diartrodial .....	9
Fig.1b.El segmento móvil incluye 2 articulaciones sinoviales y una anfiartrosis ....	10
Fig.2. Sir John Charnley (Fotografía del Instituto Charnely) .....	11
Fig.3. Criterios de fractura vertebral, basados en la inestabilidad, pérdida de alineamiento, incremento espacio interespinoso y angulación. (Bucholz RW. Lower cervical spine injuries. Philapelpia: WB Saunders, 1992: 707).....	16
Fig.4. Tumefacción de partes blandas en región prevertebral y aumento espacio retrofaríngeo .....	16
Fig.5a.Criterios radiológicos de fractura dorsolumbar: pérdida de altura del cuerpo vertebral, incremento de la cifosis, rotura ligamento interespinoso, aumento distancia interespinosa.....	18
Fig. 5 b. Criterios radiológicos de fractura vertebral dorsolumbar: incremento distancia interpedicular .....	19
Fig.6. Clasificación Magerl. Fracturas tipo A.....	20
Fig.7.Evaluacion radiologica de fractura vertebral. No permite valorar lesion del platillo vertebral.....	20
Fig.8. Reconstruccion 3D de la misma fractura donde se aprecia una severa lesion del platillo vertebral con hundimientos de 4.8mm .....	20
Fig.9. Asklepios y su hija. (Wikipedia.org) .....	31
Fig.10. Anfiteatro de Epidauro .....	32
Fig11. Hipócrates de Cos (460-390 B.C.) .....	33
Fig.12. Empédocles.....	34
Fig.13. Imagen “Nature of Bones” .....	35
Fig.14. Tablero Hipocrático (Spine 1999 24 (13):1381.) .....	37
Fig.15. Escalera Hipocrática. (Spine 1999; 24(13):1381.).....	37
Fig.16.Método de tracción axial en la antigüedad.....	38
Fig.17. Deformidades según Galeno.....	39
Fig.18.Hipócrates y Galeno. Fresco de Taddeo Gaddi, Santa María Novela, Florencia. Italia. (Spine. 1999;24 (22):2359.).....	40
Fig.19. Edición latina de los trabajos de Galeno. De anatomicis administrationibus. (Spine. 1999; 24 (22):2359.).....	40
Fig.20. Visión dorsal y ventral del esqueleto humano según Galeno (Spine.1999;24(22):2359.).....	41
Fig.21. Corset metálicos utilizados para corrección de deformidades en la época de Ambrosio Paré.....	42
Figs.22,23. 1ª fase Método de reducción de Bohler. ....	44
Fig.24. Posición de mantenimiento Método de Bohler.....	45
Fig.25. Colocación de yeso de 3 puntos de apoyo. Método Bohler. ....	46

Fig.26. Situación final del corset con 3 puntos de apoyo: esternal, pubiano y lumbar.....	47
Fig.27. Secuelas de fractura tipo A en plano coronal y colapso discal. ....	48
Fig.28. Secuelas en plano sagital de fractura vertebral por compresión.....	49
Fig. 29. Fenómeno de la ligamentotaxis. ....	52
Fig.30. Fenómeno de ligamentotaxis.....	53
Fig.31-34 Ausencia de reducción del platillo vertebral mediante ligamentotaxis (31: prefractura, 32: postfractura, 33: postratamiento, 34: postcargacíclica).....	54
Fig.35. Imagen radiográfica de Quiste de Kümmel.....	55
Fig. 36. Representación de Quiste de Kümmel y evolución del mismo. ....	56
Fig.37.Vértebra plana. ....	57
Fig.38. Vértebra plana postratamiento conservador.....	57
Fig.39. Fractura vertebral platillo inferior. Tratamiento conservador.....	58
Fig.40. Osteonecrosis posfractura vertebral del platillo inferior tratada de forma conservadora (4 meses de evolución). ....	58
Fig.41. Vertebroplastia C2 en lesión osteolítica de la apófisis odontoides. ....	59
Fig.42. Vertebroplastia postfractura vertebral por compresión. ....	60
Fig.43,44. Fijación in situ post-vertebroplastia. ....	61
Figs.45-48.Embolismo pulmonar por cemento PMMA.....	62
Figs.49-51. Procedimiento técnico de cifoplastia con balón neumático. ....	64
Fig.52.Criterios de movilidad en fracturas vertebrales no agudas: Quiste subcondral. Edema T2. ....	66
FIG.53 a-d. Edema vertebral. Cambios en la angulación vertebral en decúbito supino y bipedestación (incremento del acuñamiento del 28%). ....	66
Fig.54. Introducción balón (precarga 100Nw=condiciones fisiológicas).....	68
Fig.55. Comienzo inflado del balón (precarga 100Nw=condiciones fisiológicas) ...	68
Fig.56. Inflado 70% del volumen del balón (precarga 100Nw=condiciones fisiológicas).....	69
Fig.57. Inflado del volumen máximo del balón (precarga 100Nw=condiciones fisiológicas).....	69
Fig.58. Desinflado balón y pérdida de reducción de la altura vertebral (precarga 100Nw=condiciones fisiológicas).....	70
Fig.59. Desinflado completo del balón. Recolapso vertebral (precarga 100Nw=condiciones fisiológicas).....	70
Fig.60. Inyección de cemento (precarga 100Nw=condiciones fisiológicas).....	71
Fig.61. Método de medida de presión durante inyección de cemento. Manómetro conectado a cánula de cemento insertada unipedicularmente. La columna reposaba sobre lecho de agua durante la prueba. Spine.2004; 29(7):723-725.....	73
Fig.62 a-d. Enfermedad del disco adyacente y alteración del balance sagital. ....	75

Fig.63. Opciones terapéuticas actuales.....	76
Fig.64. Anatomía.....	78
Fig.65.Física.....	78
Fig.66. Mecánica.....	79
Fig.67. Papiro de Smith. (culturaegipcia.es).....	81
Fig.68. Papiro Hindú. (Wikipedia.org).....	82
Fig.69. Hipócrates de Cos.....	83
Fig.70,71. Avicena y tratado de Medicina del mismo autor.....	84
Fig.72. Retrato de Leonardo Da Vinci.....	84
Fig.73,74. Ilustraciones anatómicas de la columna vertebral y musculatura paravertebral de Leonardo Da Vinci.....	85
Figs.75,76: De Humani Corporis Fabrica y Andrea Vesalio. (Humani Corpori Fabrica. Ediciones Doce Calles.1997.Madrid).....	86
Fig.77. Dibujos de la columna cervical. Andrea Vesalio. (Humani Corpori Fabrica. Ediciones Doce Calles. 1997. Madrid).....	87
Fig.78. Retrato Borrelli.....	87
Fig.79. Motu Animalium de Giovanni Borrelli.....	88
Fig.80. Ilustraciones sobre la explicación de los movimientos diferentes según las distintas necesidades. Motu Animalium.....	90
Fig.81. Ilustración sobre el reparto de cargas de Giovanni Borrelli.....	91
Fig.82. Ilustración del experimento de Borrelli para determinar el centro de gravedad.....	91
Fig.83. Isaac Newton.....	93
Fig.84. Memorias de Isaac Newton.(culturacolectiva.com).....	93
Fig.85. Leyes del movimiento. Isaac Newton.(wikipedia.org).....	94
Fig.86.Diagrama de tensión deformación. Modulo de Young= tangente a la curva en cada punto.(wikipedia.org).....	95
Fig.87. Julius Wolff.....	96
Fig.88. Biomecánica de Pauwels.....	97
Fig.89. Imagen de las distintas partes de una vértebra tipo, distintas proyecciones. .....	101
Fig.90. Rotación de un objeto.....	104
Fig.91. Traslación.....	105
Fig.92. Fractura vertebral como 1 <sup>er</sup> evento.....	121
Fig.93. Incremento del riesgo de fractura vertebral postfractura.....	122
Fig.94. Distribución normal de las cargas a través del disco intervertebral.....	125
Fig.95. Cambios en la distribución de cargas a través del espacio discal postfractura vertebral.....	126

Fig.96. Graficas de incremento de riesgo de fractura adyacente en relación con la ausencia de reducción del platillo vertebral. (Eur Spine J. 2008; 17:1522-1530)	127
Fig.97. Patrón de lesión discal postfractura vertebral. Patrones 1,2,3 no progresivos. Patrones 4,5,6 progresivos. (JBJS.1998; 80B, 833-839)	128
Fig.98. Cambios en el brazo de palanca producidos después de una fractura vertebral	130
Fig.99. Planos de segmentación sagital: Plano de simetría central. Plano en borde medial pedículo izquierdo. Plano borde medial pedículo derecho.	149
Fig.100. Plano coronal situado 3mm posterior al borde vertebral anterior, que determina un punto único en su intersección con el plano de simetría sagital	150
Fig.101. Repetición del proceso hasta obtener 9 puntos de intersección entre los distintos planos sagitales y coronales	151
Fig.102. Obtención de una malla de la superficie vertebral, donde los puntos más deprimidos y con mayor alteración angular proveen una detallada caracterización de la superficie vertebral	152
Fig.103,104. Imposibilidad de reconocer cual de las lesiones de la Fig.103 genera la imagen radiológica de la imagen 104	152
Figs.105,106,107. Superposición de 2 TAC preoperatorio y postoperatorio sin segmentación en los distintos planos sagital, coronal y axial	153
Figs.108,109. Superposición de 2 TAC preoperatorio y postoperatorio después de segmentar la vértebra en los distintos planos sagital, coronal y axial	153
Figs.110,111. Cortes sagitales TAC preop y postop	154
Figs.112,113. Cortes coronales TAC preop y postop	154
Fig.114. Reconstrucción 3D. Vista del platillo superior. Topograma de las distintas áreas del platillo vertebral reconstruidas	155
Fig.115. Reconstrucción 3D. Vista de perfil. Topograma de las distintas áreas del platillo vertebral reconstruidas	155
Fig.116. Reconstrucción 3D. Vista frontal. Topograma de las distintas áreas del platillo vertebral reconstruidas	156
Fig.117. Posición intraoperatoria	157
Fig.118. Imágenes fluoroscópicas de la técnica quirúrgica	158
Fig.119. Imágenes fluoroscópicas de la técnica quirúrgica	159
Fig.120. Visión frontal, axial superior, sagital y axial inferior de una fractura vertebral tipo acuñamiento	160
Fig.121. Punto de entrada en vista posteroanterior	161
Fig.122. Punto de entrada en vista sagital	162
Fig.123. Trayectoria a través del pedículo. Vista posteroanterior	162
Fig.124. Trayectoria a través del pedículo. Vista sagital	163
Fig.125. Trayectoria dentro del cuerpo vertebral. Vista posteroanterior	163
Fig.126. Trayectoria en el cuerpo vertebral. Vista sagital	164

Fig.127. Posición final. Vista posteroanterior.....	164
Fig.128. Posición final. Vista sagital. ....	165
Fig.129. Visión frontal, axial superior, sagital y axial inferior de una fractura vertebral tipo bicóncavo. ....	166
Fig.130. Punto de entrada. Vista posteroanterior.....	166
Fig.131.Punto de entrada. Vista sagital. ....	167
Fig.132. Trayectoria a través del pedículo. Vista posteroanterior. ....	167
Fig.133. Trayectoria a través del pedículo. Vista sagital.....	168
Fig.134. Trayectoria dentro del cuerpo vertebral. Vista posteroanterior.....	168
Fig.135. Trayectoria dentro del cuerpo vertebral. Vista sagital. ....	169
Fig.136. Posición final. Vista posteroanterior.....	169
Fig.137.Posición final. Vista sagital. ....	170
Fig.138. Visión frontal, axial superior, sagital y axial inferior de una fractura vertebral tipo estallido. ....	171
Fig.139.Punto de entrada. Vista posteroanterior.....	172
Fig.140. Punto de entrada. Vista sagital. ....	172
Fig.141.Trayectoria a traves del pedículo. Vista posteroanterior. ....	173
Fig.142. Trayectoria a traves del pedículo. Vista sagital.....	173
Fig.143.Trayectoria en el cuerpo vertebral. Vista posteroanterior. ....	174
Fig.144.Trayectoria en cuerpo vertebral. Vista sagital.....	174
Fig.145.Posición final. Vista posteroanterior.....	175
Fig.146.Posición final. Vista sagital. ....	175
Fig.147. Puntos de superficie vertebral objeto de medida.....	179
Fig.148. Malla de superficie determinada por los puntos objeto de medida. ....	179
Fig.149.Rx preoperatoria. Fractura L1 tipo A1.2 .....	290
Fig.150.Tac preoperatorio fractura L1 tipo A1.2 .....	290
Fig.151. Reconstrucción 3D preoperatoria. Severa lesión del platillo vertebral que afecta a una superficie mayor del 55% del platillo vertebral.....	291
Fig.152.RMN preoperatoria con patrón de lesión progresivo.....	291
Fig.153. Reconstrucción 3D postoperatorio.....	292
Fig.154.Topograma de la reconstrucción del platillo vertebral superior.....	292
Fig.155.Topograma de la reconstrucción del platillo vertebral inferior.....	293
Fig.156. Predicción de los valores pretraumatismo de la vértebra fracturada.....	304
Fig.157.Coeficiente de difusión discal 2 años postcirugía.....	308
Fig.158. RMN convencional del paciente analizado su coeficiente difusión .....	309
Fig.159. Patrón distribución de cemento con forma de herradura .....	312
Fig.160. Fractura A3.1 tratada con cemento biológico y soporte posterior mediante tornillos transpediculares.....	314

Fig.161. Retirada de instrumentación transpedicular. Colonización del cemento por estructura ósea. Rx lateral.....	314
Fig.162. Retirada de instrumentación transpedicular. Colonización del cemento por estructura ósea. Rx AP.....	315
Fig.163. Biopsia ósea del cuerpo vertebral. Estructura ósea trabecular normal. ..	315

## 15. INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico.1. Distribución de la muestra en función de la localización.....	185
Gráfico.2. Distribución de la muestra en función del tipo de fractura según clasificación AO.....	186
Gráfico.3. Valores altura vertebral anterior derecha preoperatorio y adyacente.....	190
Gráfico.4. Valores altura vertebral anterior central preoperatorio y adyacente.....	190
Gráfico.5. Valores altura vertebral anterior izquierda preoperatorio y adyacente.....	191
Gráfico.6. Valores altura vertebral medio derecha preoperatorio y adyacente.....	191
Gráfico.7. Valores altura vertebral medio central preoperatorio y adyacente.....	192
Gráfico.8. Valores altura vertebral medio izquierda preoperatorio y adyacente.....	190.
Gráfico.9. Valores altura vertebral posterior derecha preoperatorio y adyacente.....	193
Gráfico.10. Valores altura vertebral posterior central preoperatorio y adyacente.....	193
Gráfico.11. Valores altura vertebral posterior izquierda preoperatorio y adyacente.....	194
Gráfico.12. Comparación de los valores de altura vertebral en región anterior derecha entre el preoperatorio y el postoperatorio.....	196
Gráfico.13. Comparación de los valores de altura vertebral en región anterior central entre el preoperatorio y el postoperatorio.....	197
Gráfico.14. Comparación de los valores de altura vertebral en región anterior izquierda entre el preoperatorio y el postoperatorio.....	197
Gráfico.15. Comparación de los valores de altura vertebral en región medio derecha entre el preoperatorio y el postoperatorio.....	198
Gráfico.16. Comparación de los valores de altura vertebral en región medio central entre el preoperatorio y el postoperatorio.....	198
Gráfico.17. Comparación de los valores de altura vertebral en región medio izquierda entre el preoperatorio y el postoperatorio.....	199
Gráfico.18. Comparación de los valores de altura vertebral en región posterior derecha entre el preoperatorio y el postoperatorio.....	199
Gráfico.19. Comparación de los valores de altura vertebral en región posterior central entre el preoperatorio y el postoperatorio.....	200
Gráfico.20. Comparación de los valores de altura vertebral en región posterior izquierda entre el preoperatorio y el postoperatorio.....	200
Gráfico.21. Comparación de los valores de altura vertebral en región anterior derecha entre el postoperatorio y vértebra adyacente.....	203
Gráfico.22. Comparación de los valores de altura vertebral en región anterior central entre el postoperatorio y vértebra adyacente.....	203
Gráfico.23. Comparación de los valores de altura vertebral en región anterior izquierda entre el postoperatorio y vértebra adyacente.....	204
Gráfico.24. Comparación de los valores de altura vertebral en región media derecha entre el postoperatorio y vértebra adyacente.....	204
Gráfico.25. Comparación de los valores de altura vertebral en región media central entre el postoperatorio y vértebra adyacente.....	205
Gráfico.26. Comparación de los valores de altura vertebral en región media izquierda entre el postoperatorio y vértebra adyacente.....	205
Gráfico.27. Comparación de los valores de altura vertebral en región posterior derecha entre el postoperatorio y vértebra adyacente.....	206

Gráfico.28. Comparación de los valores de altura vertebral en región posterior central entre el postoperatorio y vértebra adyacente.....	206
Gráfico.29.Comparación de los valores de altura vertebral en región posterior izquierda entre el postoperatorio y vértebra adyacente.....	207
Gráfico.30. Valores de altura preoperatorio y postoperatorio por sexos en región anterior derecha.....	212
Gráfico.31. Valores de altura preoperatorio y postoperatorio por sexos en región anterior central.....	212
Gráfico.32. Valores de altura preoperatorio y postoperatorio por sexos en región anterior izquierda.....	213
Gráfico.33. Valores de altura preoperatorio y postoperatorio por sexos en región central derecha.....	213
Gráfico.34. Valores de altura preoperatorio y postoperatorio por sexos en región medio central.....	214
Gráfico.35. Valores de altura preoperatorio y postoperatorio por sexos en región medio izquierda.....	214
Gráfico.36. Valores de altura preoperatorio y postoperatorio por sexos en región posterior derecha.....	215
Gráfico.37. Valores de altura preoperatorio y postoperatorio por sexos en región posterior central.....	215
Gráfico.38. Valores de altura preoperatorio y postoperatorio por sexos en región posterior izquierda.....	216
Gráfico.39. Comparación de las medias de altura vertebral anterior derecha postoperatoria con la adyacente por sexos.....	220
Gráfico.40. Comparación de las medias de altura vertebral anterior central postoperatoria con la adyacente por sexos.....	220
Gráfico.41. Comparación de las medias de altura vertebral anterior izquierda postoperatoria con la adyacente por sexos.....	221
Gráfico.42. Comparación de las medias de altura vertebral media derecha postoperatoria con la adyacente por sexos.....	221
Gráfico.43. Comparación de las medias de altura vertebral media central postoperatoria con la adyacente por sexos.....	222
Gráfico.44. Comparación de las medias de altura vertebral media izquierda postoperatoria con la adyacente por sexos.....	222
Gráfico.45. Comparación de las medias de altura vertebral posterior derecha postoperatoria con la adyacente por sexos.....	223
Gráfico.46. Comparación de las medias de altura vertebral posterior central postoperatoria con la adyacente por sexos.....	223
Gráfico.47. Comparación de las medias de altura vertebral posterior izquierda postoperatoria con la adyacente por sexos.....	224
Gráfico.48. Valores de altura vertebral anterior derecha por grupos de edad en preoperatorio y postoperatorio.....	230
Gráfico.49. Valores de altura vertebral anterior central por grupos de edad en preoperatorio y postoperatorio.....	230
Gráfico.50. Valores de altura vertebral anterior izquierda por grupos de edad en preoperatorio y postoperatorio.....	231
Gráfico.51. Valores de altura vertebral medio derecha por grupos de edad en preoperatorio y postoperatorio.....	231
Gráfico.52. Valores de altura vertebral medio central por grupos de edad en preoperatorio y postoperatorio.....	232



Gráfico.53. Valores de altura vertebral medio izquierda por grupos de edad en preoperatorio y postoperatorio.....	232
Gráfico.54. Valores de altura vertebral posterior derecha por grupos de edad en preoperatorio y postoperatorio.....	233
Gráfico.55. Valores de altura vertebral posterior central por grupos de edad en preoperatorio y postoperatorio.....	233
Gráfico.56. Valores de altura vertebral posterior izquierda por grupos de edad en preoperatorio y postoperatorio.....	234
Gráfico.57. Altura vertebral anterior derecha por grupos de edad en postoperatorio y adyacente.....	236
Gráfico.58. Altura vertebral anterior central por grupos de edad en postoperatorio y adyacente.....	237
Gráfico.59. Altura vertebral anterior izquierda por grupos de edad en postoperatorio y adyacente.....	237
Gráfico.60. Altura vertebral medio derecha por grupos de edad en postoperatorio y adyacente.....	238
Gráfico.61. Altura vertebral media central por grupos de edad en postoperatorio y adyacente.....	238
Gráfico.62. Altura vertebral medio izquierda por grupos de edad en postoperatorio y adyacente.....	239
Gráfico.63. Altura vertebral posterior derecha por grupos de edad en postoperatorio y adyacente.....	239
Gráfico.64. Altura vertebral posterior central por grupos de edad en postoperatorio y adyacente.....	240
Gráfico.65. Altura vertebral posterior izquierda por grupos de edad en postoperatorio y adyacente.....	240
Gráfico.66. Valores de altura vertebral preop., postop. y adyacente anterior derecha en la localización L1.....	243
Gráfico.67. Valores de altura vertebral preop., postop. y adyacente anterior central en la localización L1.....	243
Gráfico.68. Valores de altura vertebral preop., postop. y adyacente anterior izquierda en la localización L1.....	243
Gráfico.69. Valores de altura vertebral preoperatoria, postoperatoria y adyacente en medio derecha en la localización L1.....	244
Gráfico.70. Valores de altura vertebral preoperatoria, postoperatoria y adyacente en medio central en la localización L1.....	244
Gráfico.71. Valores de altura vertebral preoperatoria, postoperatoria y adyacente en medio izquierda en la localización L1.....	244
Gráfico.72. Valores de altura vertebral preoperatoria, postoperatoria y adyacente en posterior derecho en la localización L1.....	245
Gráfico.73. Valores de altura vertebral preoperatoria, postoperatoria y adyacente en posterior centro en la localización L1.....	245
Gráfico.74. Valores de altura vertebral preoperatoria, postoperatoria y adyacente en posterior izquierdo en la localización L1.....	245
Gráfico.75. Valores de altura vertebral anterior derecha por localización de la fractura: L2.....	247
Gráfico.76. Valores de altura vertebral anterior centro por localización de la fractura: L2.....	247
Gráfico.77. Valores de altura vertebral anterior izquierda por localización de la fractura: L2.....	247
Gráfico.78. Valores de altura vertebral medio derecha por localización de la fractura: L2.....	248
Gráfico.79. Valores de altura vertebral medio centro por localización de la fractura: L2.....	248
Gráfico.80. Valores de altura vertebral medio izquierda por localización de la fractura: L2.....	248
Gráfico.81. Valores de altura vertebral posterior derecha por localización de la fractura: L2.....	249

Gráfico.82. Valores de altura vertebral posterior centro por localización de la fractura: L2. ....	249
Gráfico.83. Valores de altura vertebral posterior izquierda por localización de la fractura: L2. ....	249
Gráfico.84. Valores de altura vertebral anterior derecha por localización de la fractura: L4. ....	251
Gráfico.85. Valores de altura vertebral anterior centro por localización de la fractura: L4. ....	251
Gráfico.86. Valores de altura vertebral anterior izquierda por localización de la fractura: L4. ....	251
Gráfico.87. Valores de altura vertebral medio derecha por localización de la fractura: L4. ....	252
Gráfico.88. Valores de altura vertebral medio centro por localización de la fractura: L4. ....	252
Gráfico.89. Valores de altura vertebral medio izquierda por localización de la fractura: L4. ....	252
Gráfico.90. Valores de altura vertebral posterior derecha por localización de la fractura: L4. ....	253
Gráfico.91. Valores de altura vertebral posterior centro por localización de la fractura: L4. ....	253
Gráfico.92. Valores de altura vertebral posterior izquierda por localización de la fractura: L4. ....	253
Gráfico.93. Valores de altura vertebral anterior derecha por localización de la fractura: T10. ....	255
Gráfico.94. Valores de altura vertebral anterior centro por localización de la fractura: T10. ....	255
Gráfico.95. Valores de altura vertebral anterior izquierda por localización de la fractura: T10. ....	255
Gráfico.96. Valores de altura vertebral medio derecha por localización de la fractura: T10. ....	256
Gráfico.97. Valores de altura vertebral medio centro por localización de la fractura: T10. ....	256
Gráfico.98. Valores de altura vertebral medio izquierda por localización de la fractura: T10. ....	256
Gráfico.99. Valores de altura vertebral posterior derecha por localización de la fractura: T10. ....	257
Gráfico.100. Valores de altura vertebral posterior centro por localización de la fractura: T10. ....	257
Gráfico.101. Valores de altura vertebral posterior izquierda por localización de la fractura: T10. ....	257
Gráfico.102. Valores de altura vertebral anterior derecha por localización de la fractura: T12. ....	259
Gráfico.103. Valores de altura vertebral anterior centro por localización de la fractura: T12. ....	259
Gráfico.104. Valores de altura vertebral anterior izquierda por localización de la fractura: T12. ....	259
Gráfico.105. Valores de altura vertebral medio derecha por localización de la fractura: T12. ....	260
Gráfico.106. Valores de altura vertebral medio centro por localización de la fractura: T12. ....	260
Gráfico.107. Valores de altura vertebral medio izquierda por localización de la fractura: T12. ....	260
Gráfico.108. Valores de altura vertebral posterior derecha por localización de la fractura: T12. ....	261
Gráfico.109. Valores de altura vertebral posterior centro por localización de la fractura: T12. ....	261
Gráfico.110. Valores de altura vertebral posterior izquierda por localización de la fractura: T12. ....	261
Gráfico.111. Mediana del Angulo 3D de la vértebra adyacente, preoperatorio y postoperatorio. ....	263
Gráfico.112. Valores angulares preoperatorio-postoperatorio. ....	264
Gráfico.113. Valores angulares preoperatorio-adyacente en la muestra global. ....	265
Gráfico.114. Valores angulares postoperatorio-adyacente en la muestra global. ....	265
Gráfico.115. Valores angulares por sexo en preoperatorio y postoperatorio. ....	267
Gráfico.116. Valores angulares por sexos en el postoperatorio y adyacente. ....	268
Gráfico.117. Valores angulares 3D pre-post. por grupos de edad. ....	270
Gráfico.118. Valores angulares 3D postoperatorio-adyacente por grupos de edad. ....	271
Gráfico.119. Datos de valores EVA de la muestra global en los distintos momentos de seguimiento del estudio clínico. ....	272
Gráfico.120. Valores de EVA en los distintos momentos evolutivos del estudio en función de distribución por sexo: femenino. ....	274
Gráfico.121. Valores de EVA en función de distribución por sexo: masculino. ....	275

Gráfico.122. Distribución de la evolución de los valores EVA a nivel de T10.....	277
Gráfico.123. Distribución de los valores EVA a nivel de T12. ....	277
Gráfico.124. Distribución de los valores EVA a nivel de L1. ....	278
Gráfico.125. Distribución de los valores EVA a nivel de L2. ....	278
Gráfico.126. Distribución de valores EVA a nivel de L4. ....	279
Gráfico.127. Distribución de los valores EVA en grupo de menores de 55 años.....	280
Gráfico.128. Distribución de los valores EVA en grupo de mayores o iguales a 55 años. ....	281
Gráfico.129. Evolución de la Calidad de Vida a lo largo del estudio.....	282
Gráfico.130. Consumo de analgésicos medio-fuertes durante el periodo de estudio. ....	284
Gráfico.131. Días de estancia divididos en preoperatorio y postoperatorio .....	285



## 16. INDICE DE TABLAS

Tabla1. Análisis de los métodos de medida radiológica comúnmente utilizados.....	28
Tabla.2. Distribución de la muestra por localización de la fractura.....	184
Tabla.3.Distribución de la muestra en función del tipo de fractura según clasificación AO. ....	186
Tabla.4. Distribución de los valores de altura vertebral en los distintos puntos de la superficie vertebral en la vértebra adyacente, vértebra fracturada (Pre-op)y vértebra restaurada (Post-op). .....	188
Tabla.5. Comparativa de los valores medios de altura vertebral entre los valores preoperatorios y los valores de referencia de la vértebra adyacente.....	189
Tabla.6.Comparación de las medias de altura preop-postop.....	195
Tabla.7. Comparación de las medias de altura vertebral postoperatorio-vértebra adyacente. ....	202
Tabla.8. Distribución de alturas vertebral por sexos en vértebra adyacente. ....	208
Tabla.9. Distribución de alturas vertebral por sexos en preoperatorio.....	209
Tabla.10. Distribución de alturas vertebral por sexos en postoperatorio. ....	210
Tabla.11.Comparación de los valores de altura vertebral preoperatoria y postoperatoria en función de la distribución por sexos.....	211
Tabla.12. Diferencias de altura preoperatorio vértebra adyacente por sexos.....	218
Tabla.13. Comparación de las medias de altura vertebral postoperatoria con la vértebra adyacente por sexos.....	219
Tabla.14. Distribución de los valores de altura vertebral en la adyacente por grupos de edad.....	225
Tabla.15. Distribución de los valores de altura vertebral en la preoperatoria por grupos de edad. .....	226
Tabla.16. Distribución de los valores de altura vertebral en el postoperatorio por grupos de edad. .....	227
Tabla.17. Comparación de las medias de altura vertebral preop-postop.....	229
Tabla.18. Comparación de la restauración máxima-vértebra adyacente.....	235
Tabla.19.Valores de altura vertebral distribuidos por localización de la fractura: L1 .....	242
Tabla.20.Valores de altura vertebral distribuidos por localización de la fractura: L2 .....	246
Tabla.21.Valores de altura vertebral distribuidos por localización de la fractura: L4 .....	250
Tabla.22. Valores de altura vertebral distribuidos por localización de la fractura: T10. ....	254
Tabla.23. Valores de altura vertebral distribuidos por localización de la fractura: T12. ....	258
Tabla.24. Comparación de valores angulares preop.-postop. y postop.-adyacente.....	264
Tabla.25. Valores ángulo 3D en grupo de hombres-mujeres en los 3 grupos de análisis preoperatorio, postoperatorio y adyacente. ....	266
Tabla.26. Comparación de valores angulares 3D grupo hombres entre preoperatorio y postoperatorio.....	266
Tabla.27. Comparación de valores angulares 3D grupo mujeres entre preoperatorio y postoperatorio.....	266
Tabla.28. Comparación mediana ángulo 3D por sexos entre postoperatorio y vértebra adyacente. .....	267
Tabla.29.Valores angulares 3D por grupos de edad en los momentos evolutivos del estudio .....	268
Tabla.30. Valores EVA en función del sexo en el preoperatorio, alta hospitalaria, 6 y 12 meses postoperatorio.....	274

Tabla.31. Valor EVA en función de la localización de la fractura .....	276
Tabla.32. Mediana de la escala visual analógico en los distintos momentos evolutivos del estudio en función de la edad.....	280