

#### FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD ESCUELA DE DOCTORADO

# PROGRAMA DE DOCTORADO INVESTIGACIÓN EN BIOMEDICINA

#### **TESIS DOCTORAL**

PREVALENCIA E INFLUENCIA DE LA OSTEOPOROSIS Y LA
DEFICIENCIA DE VITAMINA D EN PACIENTES INTERVENIDOS DE
ARTRODESIS VERTEBRAL

#### **DOCTORANDO**

Ricardo Díaz Romero Paz

#### **DIRECTOR**

Manuel Sosa Henríquez

#### **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor Manuel Sosa Henríquez, ejemplo de sabiduría y profesionalismo, quien con sus conocimientos, guía y apoyo incondicional permitió que este proyecto viera la luz.

A su vez mi gratitud con los miembros de la Unidad metabólica Ósea, a todo su equipo y en especial a Néstor por su colaboración desinteresada y actitud siempre colaboradora.

También quiero agradecer a mi Hospital por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación. Dar las gracias al servicio de análisis clínicos para el procesamiento de muestras.

Un reconocimiento a mis queridos pacientes, por su actitud siempre colaboradora a pesar de la aflicción de su enfermedad, nada es posible sin ellos que son la razón de todo esto.

Agradecer al colegio de médicos por brindarme la beca investigación muy importante en estos tiempos en que la investigación está olvidada y es muy difícil.

A mi familia, por apoyarme aun cuando mis ánimos decaían, que siempre estuvieron ahí para darme palabras de apoyo y un abrazo reconfortante para renovar energías. Muchas gracias a todos.

No quiero olvidar mi gratitud con la Universidad Nacional Autónoma de México y su programa de posgrado doctorado, doctorado que concluí, pero por azares del destino no pude titularme, este es una deuda que tenía pendiente conmigo y con esa *Alma mater* que me apoyo por muchos años.

Por último, quiero agradecer a todos mis compañeros de la especialidad de Neurocirugía, y que el presente pueda servir de estímulo para desarrollar una actitud más curiosa hacia el conocimiento especialmente para las generaciones más jóvenes.

#### A mi hijo Diego y mi esposa Claudia

#### Para mi madre Rosario y padre Fernando

#### A Emiliano por su pronta recuperación

No te rindas, aun estas a tiempo de alcanzar y comenzar de nuevo, aceptar tus sombras, enterrar tus miedos, liberar el lastre, retomar el vuelo.

No te rindas que la vida es eso, continuar el viaje, perseguir tus sueños, destrabar el tiempo, correr los escombros y destapar el cielo.

No te rindas, por favor no cedas, aunque el frio queme, aunque el miedo muerda, aunque el sol se esconda y se calle el viento, aún hay fuego en tu alma, aún hay vida en tus sueños, porque la vida es tuya y tuyo también el deseo, porque lo has querido y porque te quiero.

Porque existe el vino y el amor, es cierto, porque no hay heridas que no cure el tiempo, abrir las puertas quitar los cerrojos, abandonar las murallas que te protegieron.

> Vivir la vida y aceptar el reto, recuperar la risa, ensayar el canto, bajar la guardia y extender las manos, desplegar las alas e intentar de nuevo, celebrar la vida y retomar los cielos

> > Mario Benedetti

### ÍNDICE

ÍNDICE	6
ABREVIATURAS	7
I INTRODUCCIÓN	9
Capítulo 1: Prevalencia de osteoporosis y de baja calidad ósea en pacientes operados	
de artrodesis de columna vertebral	
1.1 Osteoporosis: definición y prevalencia	9
1.2 Factores de riesgo.	10
1.3 Prevalencia de la osteoporosis	11
1.4 Métodos diagnósticos en osteoporosis	
1.4.1 Densitometría DXA	13
1.4.2 FRAX	15
1.4.3 Trabecular bone score	16
1.4.4 Tomografía computada	18
1.4.5 Definición actual de osteoporosis	19
1.5 Osteoporosis y cirugía de raquis	20
1.6 Prevalencia de la osteoporosis en cirugía de columna	21
1.7 Vitamina D y cirugía de columna	23
1.8 Casuística de cirugías de columna anuales CHUIMI	24
Capítulo 2: Patrones de actuación de los cirujanos de columna frente a la osteoporosis	į.
2.1 Introducción	25
2.2 Cirugía de columna: complicaciones asociadas a osteoporosis	28
2.3 Tratamiento farmacológico de OP en cirugía de raquis	31
2.4 Técnicas quirúrgicas en cirugía de raquis	35
2.4.1 Reforzar la instrumentación vertebral	35
2.4.2 Técnicas para la colocación de tornillos pediculares	35
2.4.3 Diseño del tornillo pedicular	37
2.4.4 Técnicas que previenen la "cifosis de la unión proximal"	38
2.5 Fractura vertebral osteoporótica	40
2.51 Técnicas de refuerzo vertebral	40

II JUSTIFICACIÓN	43
III OBJETIVOS	
3.1 Objetivos generales	44
3.2 Objetivos específicos.	44
IV PUBLICACIONES	
4.1 Artículo 1: Prevalencia de mala calidad ósea en pacientes candidatos a	
cirugía de columna: un enfoque diagnóstico integral	46
4.2 Artículo 2: Tendencias de actuación de los cirujanos de columna	
respecto a la osteoporosis (Estudio nacional)	56
4.3 Artículo 3: Patrones de práctica de los cirujanos de columna respecto a	
La osteoporosis: una encuesta internacional	68
V CONCLUSIONES.	81
VI BIBLIOGRAFÍA	84
VII ANEXOS	92

#### **ABREVIATURAS**

CUP: Cifosis de la unión proximal

DMO: Densidad de mineral ósea

DXA: Absorciometría radiográfica de doble energía (dual energy x-ray absorptiometry por sus

siglas en inglés)

ECA: Ensayo Clínico Aleatorizado

FCV: Fracturas por compresión vertebral

FRAX®: Fracture Risk Assessment Tool

HU: Unidades Hounsfield del inglés 'Hounsfield Units'

IMC: Índice de masa corporal

NBHA: National Bone Health Alliance

NDI: Neck Disability Index

ODI Índice de Discapacidad de Oswestry

OP: Osteoporosis

TC: Tomografía computada

TBS: Trabecular bone score

#### I. INTRODUCCIÓN

## <u>Capítulo 1</u>: Prevalencia de osteoporosis y de la deficiente calidad ósea en pacientes operados de artrodesis de columna vertebral

#### 1.1 Osteoporosis: definición y prevalencia

La osteoporosis (OP) es una enfermedad del sistema esquelético que se caracteriza por la pérdida de masa ósea y el deterioro de la microarquitectura ósea. Este compromiso de la resistencia ósea condiciona una mayor fragilidad y por lo tanto una susceptibilidad superior a sufrir de fracturas (1,2).

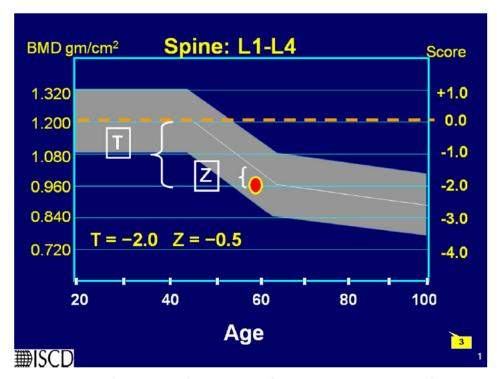
La densidad de mineral ósea (DMO) se expresa en gramos de mineral por unidad de superficie (cm²), y puede estimarse por diversas técnicas, entre las que se considera a la absorciometría radiográfica de doble energía (DXA) (del inglés *dual energy x-ray absorptiometry*) como la técnica estándar de oro.

En 1994, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció las categorías diagnósticas de la OP sobre la base de criterios epidemiológicos que tienen en cuenta la evolución según los valores de la DMO con la edad y la incidencia de las fracturas osteoporóticas. Existen 4 categorías:

- 1) Normal: DMO es superior a -1 Desviación Estándar (DE) en la escala T.
- 2) Osteopenia: cuando la DMO se sitúa entre -1 y -2,5 DE en la escala T.
- 3) Osteoporosis: cuando la DMO es inferior a -2,5 DE en la escala T.
- 4) Osteoporosis grave o establecida: osteoporosis con la presencia de fracturas.

La escala T toma como referencia la DMO de la población joven cuando se tiene la mayor masa ósea.

Figura: Medición de DMO mediante DXA del International Society for Clinical Densitometry (Baim y cols.<sup>3</sup>)



**Fig. 3** Z- and T-scores in women, from ISCD Bone Densitometry Clinician Course, Lecture 5 (2008), with permission of the International Society for Clinical Densitometry

#### 1.2 Factores de riesgo

El objetivo principal en el tratamiento de la OP es la prevención de fracturas, para lo cual es prioritaria la identificación de los sujetos con mayor riesgo. Igualmente, resulta importante la detección oportuna de los factores de riesgo más relevantes para OP, previas a cualquier cirugía de fusión raquis (4,5).

De forma abreviada los factores principales de riesgo para decidir obtener una DXA son: en mujeres posmenopáusicas, menopausia precoz, familiar en primer grado con fractura de cadera, corticoterapia oral prolongada, enfermedad osteopenizante, y un IMC menor a 20 kg/m2. También se considera realizar una DXA cuando su resultado a de influir en la decisión terapéutica, aspecto relevante ya que el diagnóstico reciente de OP con antelación a una cirugía de columna debiera estimular a una optimización oportuna y determinar modificaciones en la estrategia quirúrgica. Las fracturas por fragilidad son la característica clínica distintiva de esta enfermedad, pueden alterar la vida del paciente y ser potencialmente mortales. Operacionalmente, una fractura por fragilidad ocurre en un hueso frágil por una fuerza que no se esperaría que produjera una fractura en un hueso sano (4,5).

#### Tabla de factores de riesgo de OP (DeMendoza<sup>10</sup>)

#### Tabla 2. Factores de riesgo de OP.

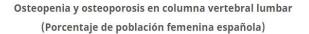
- 1. Factores genéticos o constitucionales
  - Edad.
  - · Sexo: mujer.
  - · Historia personal de fractura por fragilidad después de los 45 años.
  - Raza caucásica v/o asiática.
  - · Antecedente familiar de OP y/o fractura de cadera.
- 2. Estilo de vida y nutrición
  - · Baja ingesta de calcio en la dieta.
  - · Déficit de vitamina D: defecto nutricional, cuadro de malabsorción, falta de insolación.
  - IMC bajo: <19 Kg/m².</li>
  - Tóxicos: Tabaquismo: >1 paquete cigarrillos/día o, >15 paquetes/año.
    - Ingesta excesiva de alcohol.
  - Sedentarismo o inmovilización prolongada.
  - · Nutrición no equilibrada: exceso de proteínas, dieta vegetariana, exceso de café.
- 3. Déficit de hormonas sexuales
  - · Menarqia tardía (>15 años).
  - · Amenorrea prolongada: superior a 1 año.
  - · Nuliparidad de causa hormonal.
  - · No lactar o lactar más de 6 meses.
  - · Nuliparidad de causa hormonal.
  - · Menopausia precoz (< 45 años). Más riesgo si es quirúrgica.
  - · Hipogonadismo en el varón.
- 4. Tratamiento farmacológico crónico
  - · Glucocorticoides ( > 7,5 mg/ día oral> 6 meses) y ACTH.
  - · Anticonvulsivantes.
  - · Tiroxina sobredosificada.
  - · Litio.
  - Heparina.
  - · Antiandrógenos.
  - Quimioterápicos.
  - Antiácidos con fosfato o aluminio.
  - Tamoxifeno (premenopausia).
- 5. Patologías que afectan al metabolismo óseo
  - a) Enfermedades endocrinas.
    - $\bullet$  Diabetes mellitus (sobre todo la tipo 1) de larga evolución.
    - Hipertiroidismo.
    - Hipogonadismo primario y secundario.
    - Hiperparatiroidismo.
    - Síndrome de Cushing.
    - Enfermedad de Addison.
    - Acromegalia.
    - Prolactinoma.
  - b) Alteraciones de la absorción intestinal y hepatopatías crónicas.
    - Gastrectomía
    - Síndromes de malabsorción: intolerancia a la lactosa, enfermedad celiaca.
    - Enfermedad de Crohn, colitis ulcerosa.
    - · Cirrosis biliar primaria.
    - Porfiria congénita.
    - Hemocromatosis

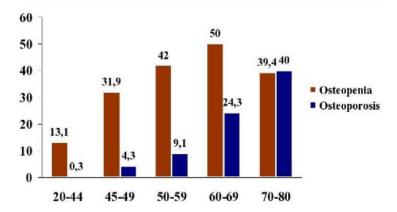
#### 1.3 Prevalencia de la Osteoporosis

Según criterios de la OMS, la prevalencia de osteoporosis se estima en un 30% de las mujeres caucásicas y en un 8% de los varones mayores de 50 años, y asciende hasta un 50% en mujeres de más de 70 años. Casi cuatro millones de fracturas osteoporóticas ocurren cada año en la Unión Europea, esto implica un gasto económico de 40 millones de euros, y alrededor 200 € por ciudadano (6).

En España, la incidencia de las fracturas por OP se está incrementando debido a una mayor esperanza de vida de la población. Se ha reportado que 2,4 millones de españoles mayores de 50 años (1,9 millones de mujeres y 0,4 de varones) padecían OP en el año 2012, consecuentemente se registraron 204.000 nuevas fracturas lo que implico un gasto de casi tres mil millones de euros (2,8% del gasto sanitario en España) (7). Se estima que para el año 2025 la incidencia de fracturas por fragilidad aumentará en un 40% y los costes un 30% (8). Según los criterios de densitometría de la OMS, en España la prevalencia de osteoporosis en mujeres mayores de los 50 años está en torno al 26%, y va incrementando progresivamente con la edad (9).

Figura resultados de DXA en población española (Curiel9)





Se muestran datos de población española según resultado de densitometría. Las tasas de osteoporosis aumentan con la edad, mientras que las de osteopenia, que son más prevalentes, comienzan a ser sustituidas por las de osteoporosis en las edades más avanzadas.

(Díaz Curiel M. y Moro MJ. Prevalencia de osteoporosis densitométrica en la población española. En: Actualización de Osteoporosis, ed. M. Díaz Curiel, FHOEMO-SEIOMM, 2001)

Como ya se mencionó, en la realización de la densitometría ósea deben primar los pacientes con mayor riesgo de sufrir una fractura (mujeres con menopausia precoz o posmenopáusicas con factores de riesgo, antecedentes de fractura por fragilidad, en mayores de 50 años, enfermedad osteopenizante, corticoterapia); y cuando su resultado vaya a determinar la decisión terapéutica (10).

#### 1.4 Métodos Diagnósticos en Osteoporosis

#### 1.4.1 Densitometría DXA (absorciometría de rayos X de energía dual)

La medición clínica de la DMO por DXA es actualmente el método estándar y más extendido para diagnosticar osteoporosis y para la estimación del riesgo de fractura.

La DXA se realiza rutinariamente en la práctica clínica para medir la DMO a nivel de la columna lumbar y fémur proximal (cuello de fémur y cadera total) (11).

### Figura Ejemplo de una DXA en sus localizaciones, columna lumbar, cuello de fémur y cuerpo total (Oei<sup>11</sup>)

Quantitative Imaging in Medicine and Surgery, Vol 6, No 6 December 2016

11

L2

13

L4

681

Figure 1 Example DXA images of the lumbar spine (A), femoral neck (B) and total body (C) with corresponding regions of interest in which BMD is measured. DXA, dual-energy X-ray absorptiometry; BMD, bone mineral density.

La DMO medida por DXA representa el 60-70% de la variación en la resistencia ósea y cada disminución de la desviación estándar (DE) de la DMO se asocia con un aumento del doble del riesgo de fractura. La DMO se mide en g / cm2, pero lo más común es que se exprese como la puntuación T, es decir el número de DE por encima o por debajo de la media para un adulto sano de 30 años del mismo sexo y origen étnico que el paciente. Como se mencionó la osteoporosis se define como una puntuación  $T \le -2.5$  y osteopenia como una puntuación  $T \le -1.0$  en cualquier sitio esquelético. Sin embargo, la DXA tiene importantes limitaciones en su especificidad y sensibilidad en cuanto a la predicción de fracturas osteoporóticas incidentales y está limitada por su área bajo la curva ROC que es de 0,63. La mayoría de las fracturas ocurren en una población con un DMO leve o moderadamente disminuida, es decir, con osteopenia, e incluso con valores normales (11).

En un estudio sobre fracturas osteoporóticas se siguieron a más de 8.000 mujeres de edad 65 años o más después de la medición de la DMO de la cadera. Al inicio del estudio un 17% tuvo "osteoporosis" basado en una puntuación T <-2,5. Durante los siguientes 5 años, 243 (3%) de pacientes experimentaron una fractura de cadera: 112 (8%) sujetos con "osteoporosis" definida por DXA sufrió una fractura de cadera, mientras 131 (2%) de los que no tenían "osteoporosis" experimentó también una fractura de cadera en ese periodo de tiempo. Es decir que el 54% de las mujeres que experimentó una fractura de cadera, presumiblemente debido a la osteoporosis, no eran "osteoporóticas" por criterios DXA. Estos datos nos indican que hubo una sensibilidad de <50% y una especificidad de > 80% pero lo más importante un valor predictivo positivo de <10% y un valor predictivo negativo de > 98% (12).

Existen múltiples investigaciones que encontraron que los cambios degenerativos en columna lumbar en los pacientes con enfermedad degenerativa pueden aumentar de forma espuria las mediciones de la DMO de la DXA, lo que ha resultado en falsos negativos en el diagnóstico de OP (13).

La indicación de la prueba de DXA debe basarse en criterios clínicos que permitan la selección de pacientes en los que su evaluación sea más eficiente. La manera habitual es la estimación del riesgo de fractura según los factores de riesgo clínicos y en este aspecto es cuando es más útil el uso del FRAX (14). Las indicaciones más aceptadas de la DXA en la práctica clínica son: en el diagnóstico de OP, valoración del riesgo de fractura, valoración de tratamiento y monitorización de la respuesta al tratamiento antiosteoporótico. Por otro lado, algunos autores recomiendan no aplicar estos criterios por DXA en el contexto de la deficiencia de vitamina D, y también se reconoce que la DMO medida por DXA ya no es la única forma de estimación del riesgo de fractura (14).

Se han desarrollado calculadoras de riesgo que combinan la DMO, aspectos clínicos y factores de riesgo, y de esa forma mejoran la predicción de fracturas por fragilidad.

En el 2008 un grupo de trabajo de expertos a nivel mundial se plantearon encontrar la mejor manera de estimar el riesgo de fractura, y elaboraron un conjunto de recomendaciones que tienen validez y aplicabilidad global, y que desarrollamos con más detalle a continuación (15).

#### 1.4.2 FRAX Herramienta de Evaluación de Riesgo de Fractura

Reconociendo las limitaciones en la sensibilidad de cualquier prueba de diagnóstico para definir la OP, actualmente se combinan modalidades de imagen con factores de riesgo clínicos para mejorar la sensibilidad diagnóstica. Estas evaluaciones son particularmente importantes para los cirujanos de columna, porque la DXA ha demostrado que es un predictor incompleto de complicaciones relacionadas con la OP después de cirugía de fusión espinal electiva (8).

El FRAX del inglés *Fracture Risk Assesment Tool*, fue desarrollado durante un período de ocho años, y finalmente se publicó en el año 2008. Desde su lanzamiento, existen modelos disponibles para 64 países en 31 idiomas que abarcan más del 80% de la población mundial.

#### Figura ejemplo del cuestionario FRAX (Kanis<sup>16</sup>)

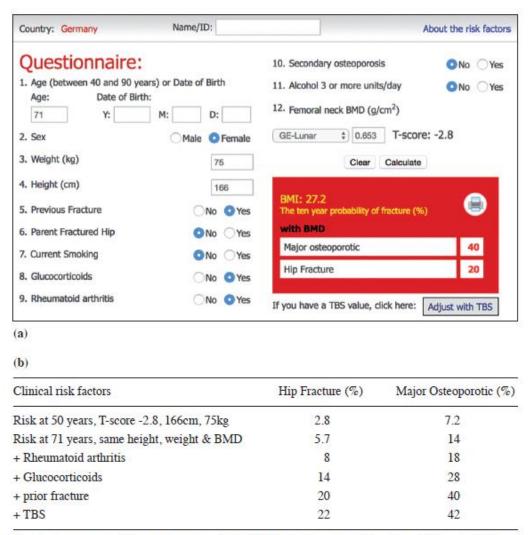


Fig. 6. An example of the value of using the FRAX® calculator (a) and how the addition of additional clinical risk factors result in a substantial increase in the absolute risk of both hip and other osteoporotic fractures (b).

El FRAX es una herramienta de evaluación del riesgo de fracturas, estima la probabilidad de sufrir una fractura de cadera y/o fractura osteoporótica mayor a10 años. Se basa en el perfil de factores de riesgo del individuo y puede ser determinado con o sin los datos de la DMO. Se puede utilizar para identificar a los pacientes que necesitan un examen formal de DXA y también en la toma de decisiones terapéuticas (16).

La mayoría de los pacientes designados como de alto riesgo de fractura utilizando la herramienta FRAX, son los que tienen una probabilidad de fractura osteoporótica mayor a 10 años superior al 20% o una fractura de cadera superior al 3%, es importante mencionar que casi ningún paciente de alto riesgo tiene puntuaciones T normales en la medición de la DMO.

A nivel nacional algunos grupos recomiendan clasificar a los pacientes como alto riesgo de fractura cuando el riesgo calculado por FRAX para fractura de cadera sea  $\geq$  3%, y para fractura principal mayor  $\geq$ 10% sin DMO o  $\geq$ 7,5% con DMO (17).

#### Métodos diagnósticos que miden calidad ósea

#### 1.4.3 Trabecular Bone Score

Es una técnica novedosa para evaluar la calidad del hueso trabecular, y está basada en un análisis de la textura ósea que se obtiene o se deriva de la imagen de DXA de la columna lumbar. Está relacionada con la microarquitectura ósea y el riesgo de fractura independiente de la DMO. El TBS se desarrolló para medir la microarquitectura ósea del cuerpo vertebral. Se determina midiendo la escala de grises y variaciones de textura de un píxel al siguiente a través imágenes 2D de la DXA (18,19,20).

Esta no es una medida directa de la microarquitectura ósea, pero le da al TBS el potencial para discernir diferencias en microarquitectura 3D entre mediciones 2D del DXA en niveles con DMO similar. Los valores más altos de TBS se obtienen en texturas más homogéneas del hueso, mientras que la textura heterogénea en los casos de mayor la porosidad y da como resultado valores de TBS más bajos (20).

El TBS discrimina mejor que la DMO la predicción de fracturas vertebrales en pacientes con DMO normal o con osteopenia. Finalmente, a la inversa de la DMO de la columna lumbar, el TBS está poco influenciado por la presencia de los cambios de osteoartrosis de la columna lumbar (13).

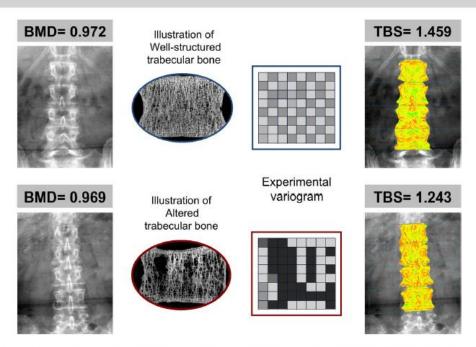


Fig. 1. Representation of the TBS principles and an example where the TBS appears to be independent from BMD. Upper panel shows BMD and TBS images of a 73-year-old woman, with a BMI of 24.2 kg/m², lumbar spine BMD of 0.972 g/cm², and TBS of 1.459. Lower panel shows BMD and TBS images of a 74-year-old woman, with a BMI of 24.3 kg/m², lumbar spine BMD of 0.969 g/cm², and TBS of 1.243. Although the images of the bone architecture and the experimental variogram are illustrations and do not represent actual images from these patients' skeleton, they were placed here to demonstrate the TBS principles: more numerous and connected and less sparse trabeculae translate into a high TBS value, whereas a low trabecular number and connectivity and high trabecular separation translate into a low TBS. BMD = bone mineral density; TBS = trabecular bone score.

Desde su introducción, varios grupos han examinado y confirmado la capacidad de TBS de ser un factor independiente en predecir el riesgo de fractura en pacientes con OP primaria y secundaria (diabetes, hiperparatiroidismo, glucocorticoides) (20).

El TBS se ha integrado a calculadoras de riesgo de fractura y algoritmos como el FRAX, lo que ha permitido ajustar mejor la predicción del desarrollo fracturas futuras.

Un metaanálisis reciente demostró que el índice de riesgo por disminución de 1 DE en el TBS aumenta en 1,44 la presencia de fracturas osteoporóticas importantes y parece tener un valor predictivo adicional independiente del modelo FRAX actual. El TBS puede ser reconocido como un endofenotipo independiente de osteoporosis y puede tener potencial para guiar la toma de decisiones clínicas similar a la DXA (11,12).

La TBS es menos costosa y más accesible que la TC o la resonancia magnética para su implementación en la práctica clínica generalizada o en el ámbito de la investigación clínica. Una de las principales ventajas es que puede obtenerse de los estudios de DXA utilizando un software de posprocesamiento (11).

#### 1.4.4Tomografía computada (TC)

Otro método para estimar la DMO se basa en la medición de Unidades Hounsfield (UH) de la TC. Las UH son una medida adimensional calculada en base a la radiodensidad de tejido, los valores más positivos reflejan un tejido más denso. Debido a que la TC lumbar es un estudio habitual en el preoperatorio de pacientes de cirugía de columna, el mismo se puede aprovechar para la determinación de UH. Se ha propuesto un valor umbral UH <110 del cuerpo vertebral L1 para el diagnóstico de osteoporosis. La medición de las UH puede ser particularmente útil en pacientes con cambios degenerativos en la columna, ya que la esclerosis cortical puede aumentar artificialmente la DMO medida en DXA (11,21).

#### Figura Ejemplo de mediciones de UH en el cuerpo vertebral (Oei<sup>11</sup>)

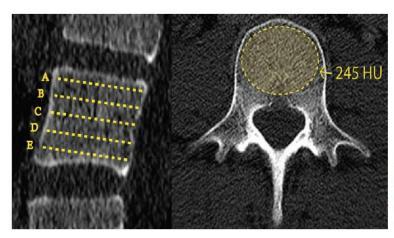


Figure 1. Vertebral body HU measurement is obtained by using standard PACS software to create an elliptical region of interest centered over the cancellous vertebral body. One measurement, or the mean of up to five axial images defines the HU value for each level.

La tomografía computada cuantitativa (QCT) produce mediciones 3D volumétricas mediante la utilización de protocolos de escaneo de dosis baja en un escáner de TC estándar o mediante la realización de TC cuantitativa periférica de alta resolución (HR-) pQCT. Esto permite un análisis más sofisticado del hueso cortical y trabecular, así como la obtención de imágenes de la estructura trabecular y la aplicación del análisis de elementos finitos para la medición biomecánica de la resistencia ósea. La QCT se aplica con mayor frecuencia a la columna lumbar.

La pQCT también se utiliza en análisis exploratorios de músculos, midiendo, por ejemplo, la masa muscular, densidad muscular y el tejido adiposo intramuscular, que pueden estar relacionados con la sarcopenia.

Sin embargo, además de la desventaja de la radiación ionizante y el costo, el análisis de los datos de imágenes de TC que puede ser complejo y el estudio requiere de un software especializado. La evidencia médica actual es todavía demasiada limitada para justificar la implementación a gran escala de la TC en la práctica clínica en este momento (11,22).

#### 1.4.5 Definición actual de osteoporosis

Con el desarrollo de nuevas herramientas de evaluación para salud ósea, se ha ampliado el concepto de osteoporosis. Además de los criterios de la OMS, el *National Bone Health Alliance* (NBHA) ha definido la osteoporosis en base a la presencia de cualquiera de los siguientes 3 criterios: "T-score ≤ −2,5 en la cadera o la columna, o antecedentes de fractura de cadera de baja energía, o diagnóstico clínico (no incidental) de fracturas vertebrales, húmero proximal, pelvis o fractura distal de antebrazo, o puntuaciones FRAX con ≥3% (cadera) ≥20% (fractura mayor) de riesgo de fractura a 10 años (4,21).

Tabla sobre los criterios propuestos para el diagnóstico de osteoporosis (Jeor<sup>21</sup>)

TABLE 1. Osteoporosis cohort and group definition

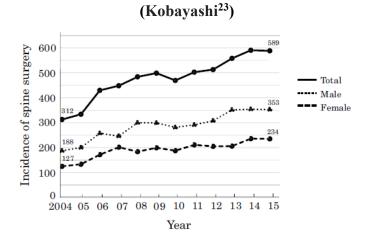
Group	Definition
1	WHO classic definition, lowest total hip or spine T-score ≤ –2.5
2	L1 vertebral body HU < 110
3	<ul> <li>NBHA definition (at least 1 of the following 3 criteria met):</li> <li>a) T-score ≤ -2.5 at the hip or spine, or;</li> <li>b) history of low-energy hip fracture, clinical vertebral (i.e., diagnosed, not incidentally identified on imaging), proximal humerus, pelvis, or some distal forearm fractures, or;</li> <li>c) FRAX (calculated with BMD) indicating a ≥3% (hip) or ≥20% (MOF) 10-yr fracture risk</li> </ul>
4	Proposed "expanded spine" definition (at least 1 of the 3 criteria met):  a) NBHA definition, or; b) HU < 110, or; c) osteopenia (lowest T-score between -1.0 and -2.4) as well as "degraded" TBS (<1.2)

Aplicando la definición de la NBHA, en comparación con la definición de la OMS, la prevalencia de osteoporosis en los Estados Unidos población ≥ 50 años, aumenta al 30% de mujeres y al 16% de hombres. Así, como con todas las enfermedades, el método utilizado para definir el diagnóstico determina su prevalencia y manejo (2,4).

#### 1.5 Osteoporosis y la cirugía de raquis

El porcentaje de la población europea mayor de 65 años fue del 19,7% en 2018, lo que indica un aumento del 2,6% desde 2008; se espera que ocurra un aumento aún más dramático para 2100. Los datos confirman que muchos de los pacientes de edad avanzada son candidatos a una cirugía de fusión espinal. Los pacientes mayores tienen más probabilidades de tener una calidad ósea subóptima y pueden requerir formas de fijación más robustas (23).

#### Figura sobre el aumento progresivo de cirugías de columna e incidencia según edad



**Fig. 1** Incidence of spine surgeries during the study period (*n*/million general population/year)

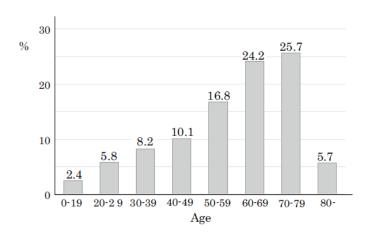


Fig. 2 Age distribution in the surgical registry from 2004 to 2015

Las cirugías de artrodesis de la columna vertebral instrumentada son procedimientos quirúrgicos que ya forma parte fundamental en el tratamiento de las enfermedades del raquis como la patología de columna degenerativa, deformidad escoliótica, estenosis de canal lumbar o cervical, e inestabilidad vertebral por espondilolistesis degenerativa o ístmica.

El aumento progresivo de la esperanza de vida de la población mundial ha condicionado un aumento creciente de cirugías de artrodesis de columna en pacientes ancianos. Los procedimientos de fusión de columna vertebral en pacientes asegurados con *Medicare* en Estados Unidos de América han incrementado en hasta 15 veces (24). Una proporción significativa de pacientes que se van a operar de una artrodesis vertebral lumbar o cervical son mayores de 50 años, y se ha visto que muchos de ellos tienen OP sin ser diagnosticados ni tratados correctamente.

#### Tabla Estudios sobre las cirugías de columna de acuerdo con el país (Kobayashi<sup>23</sup>)

Table 1 Summary of studies on patient series in spine databases

Country	References	Year	No. of surgeries	Surgical lesion	Data	Summary
USA	Oglesby et al. [8]	2013	1,323,979	Cervical	2002–2009 (8 years)	Increasing number of anterior cer- vical fusions; however, mortality did not change
USA	Thirukumaran et al. [10]	2016	47,132	Lumbar	1998–2011 (14 years)	Annual rate of fusion surgeries increased 4.33 times in 14 years
Italy	Cortesi et al. [7]	2017	17,772	All lesions	2001–2010 (10 years)	Average cost of spinal fusion surgery increased from €4726 to €9388
Korea	Kim et al. [11]	2010	80,381	All lesions	2005 (1 years)	Surgeries with a threefold increase compared to 5 years ago
Japan	Imajo et al. [12]	2015	3792	All lesions	2011 (1 years)	Degenerative spinal diseases increased 79.7%
Japan	Kobayashi et al. (Present study)	2017	45,831	All lesions	2004–2015 (12 years)	Total number of spinal surgeries, increased 1.9 times in 12 years. Mean age at the time of surgery significantly increased from 54.6 to 63.7 years

#### 1.6 Prevalencia de la osteoporosis en cirugía de columna

Existen un número limitado de investigaciones sobre prevalencia de OP en cirugía de raquis y son muy escasos los que analizan la calidad ósea. La prevalencia de OP en sujetos operados de artrodesis reportada depende de la edad y el sexo y se sitúa entre el 10% al 40%. La mayoría de los estudios aplicaron DXA o mediciones de UH por TC, y hasta el momento solo existe un estudio que combinó la DMO por DXA y el TBS para la evaluación de la salud ósea en solo 28 pacientes (25).

El estudio con mayor número de pacientes intervenidos de cirugía de columna mayores de 50 años, reportó un 41.4% de mujeres con osteopenia y el 51.3% OP, por otro lado, en varones el 46.1% tenía osteopenia y el 14.5% OP (26).

Actualmente existen un número limitado de estudios, con diferentes métodos diagnósticos pero que en definitiva sugieren que la prevalencia de OP en pacientes sometidos a una cirugía de artrodesis de columna es probablemente mayor a la de la población en general ajustada por edad (26).

Tabla Estudios sobre la prevalencia de OP en pacientes con cirugía de columna (fuente propia, artículo1)

Author/year	Patients selection	Diagnosis method	Prevalence of osteoporosis
Chin et al. 2007 [26]	676 patients ≥ 50 years candidates for spine surgery, excluding vertebroplasty.  Retrospective (Korea)	BMD measured by DXA WHO criterion	-Female osteoporosis of 44.1%. and osteopenia of 46.7% -Male osteoporosis of 12.5% and osteopenia of 45.9%
Wagner et al. 2016 [27]	128 patients ≥ 50 years undergoing TLIF Retrospective (U.S)	BMD measured by DXA WHO criterion and CT HU measurement	CT HU values consistent with osteoporosis 19.5% and with osteopenia 29.7%
Burch et al. 2016 [28]	98 women with age from 50 years to 70 years for spinal fusion surgery. Retrospective (U.S)	-Trabecular BMD by CT- based measurement -Fragile bone strength by a finite element analysis -Poor bone quality (either osteoporosis or fragile bone strength)	-Osteoporosis 14% -Fragile bone strength 27% -Poor bone quality 29%
Schmidt et al. 2018 [29]	144 ≥ 50 years requiring spinal surgery Retrospective (Germany)	BMD measured by DXA WHO criterion and HR- pQCT in patients with T- score below -1.5 or vertebral fractures	-Osteoporosis 27.1%, -Osteopenia 43.8% -Inadequate vitamin D levels 73.6%
Bjerke et al. 2018 [30]	140 Consecutive patients >18 years who underwent posterior thoracolumbar or lumbar spinal fusion Retrospective (U.S)	BMD measured by DXA WHO criterion for spine and/or hip within 1 year of surgery	-Osteoporosis 10.0% -Osteopenia 58.6% -Normal 31.4%
Zou et al. 2019 [13]	479 patients aged ≥50 years undergoing lumbar fusion for lumbar degenerative disease Retrospective (China)	BMD measured by DXA WHO criterion of both lumbar and hip	-Osteoporosis 39.7%. -Female 48.9% -Male 27.1%,
Banse et al. 2019 [25]	28 patients over 50 years old prior to corrective surgery of the lumbar spine with osteosynthesis Retrospective (France)	BMD measured by DXA WHO criterion and TBS	-Osteoporosis 14.3% -Osteopenia 42.9% -TBS <1.2 50% of patients
Present study 2020 (artículo1)	104 patients ≥ 50 years candidates for spine surgery (cervical and lumbar) Cross-sectional with prospective recruitment	-BMD measured by DXA WHO criterion -TBS for bone quality -FRAX for risk fracture -Poor bone quality (DXA, TBS, FRAX)	-Osteoporosis DXA 9.6%. -Osteopenia DXA 34.6% -Poor bone quality 37.5% - TBS <1.2 12.5% Inadequate vitamin D levels 79.8%

BMD: bone mineral density DXA: dual energy x-ray absorptiometry HR-pQCT: high-resolution peripheral quantitative computed tomography HU: Hounsfield units FRAX: Fracture Risk Algorithm TBS: trabecular bone score

Tras el análisis de los resultados de prevalencia de OP en patología de raquis muchos investigadores recomiendan la evaluación protocolizada y el tratamiento oportuno de la OP especialmente en mujeres mayores de 50 años.

#### 1.7 Metabolismo óseo Vitamina D en relación con patología quirúrgica de raquis

La relación de vitamina D con cirugía de raquis ha generado un gran interés traducido en un incremento significativo de publicaciones al respecto en revistas científicas.

La prevalencia de la deficiencia de vitamina D en EE. UU., se ha estimado en 33% en jóvenes sanos y de un 50% en pacientes hospitalizados (31). En un estudio local realizado en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria se analizaron a 103 estudiante de Medicina de ambos sexos. Sólo el 38,8% presentaron niveles adecuados de vitamina D superiores a 30 ng/dL, y el 42,1% de los varones y el 44,9% de las mujeres tenían niveles insuficientes de vitamina D (32).

En un experimento *in vivo* evaluando el efecto de la vitamina D en ratas sometidas a fusión ósea con injerto óseo lumbar posterolateral. Las ratas con niveles altos o normales de vitamina D lograban índices de fusión más altos que aquellas con niveles inadecuados.

Kim (2012) estudio a 31 mujeres sometidas a fusión posterolateral lumbar para estenosis de canal lumbar, y encontró que un 20% tenían niveles deficientes de vitamina D y 11 niveles insuficientes. Los pacientes con deficiencia postoperatoria de vitamina D resultaron tener peores valores en el Índice de discapacidad de Oswestry (ODI) y el EQ-5D (33).

Stoker (2013) publicó un estudio retrospectivo de 313 pacientes sometidos a cirugía de artrodesis. El 57% de pacientes tuvieron niveles preoperatorios insuficientes de vitamina D (menos 30ng/mL) y deficiencia en el 27%. En el análisis multivariado resultó en que un aumento en el IMC, un peor índice de discapacidad cervical (NDI *en inglés*) y un peor ODI, fueron predictores de la deficiencia de vitamina D (34).

Kim y cols., (2013) estudiaron a 350 pacientes con dolor crónico de espalda por estenosis de canal lumbar. La deficiencia de vitamina D fue patente en 74,3% de pacientes. El dolor intenso se asoció con una mayor prevalencia de deficiencia de vitamina D y OP, que a su vez podrían ser factores de riesgo potenciales para una caída o una fractura. Los autores recomendaron una evaluación del 25-hidroxicolecalciferol sérico y la DMO en pacientes con dolor intenso por estenosis de canal lumbar, además del tratamiento activo que combine vitamina D, calcio o bisfosfonatos de acuerdo con el estado del metabolismo óseo (35).

Recientemente Ravindra y cols., midieron los niveles séricos de vitamina D en el postoperatorio (<72 horas) de 230 pacientes consecutivos sometidos a cirugía de raquis electiva por espondilosis degenerativa. El déficit de vitamina D fue de 30%, y de insuficiencia de 69 %. También concluyeron que los pacientes de mediana edad, los hombres, los obesos mórbidos, los diabéticos y los que no tenían suplementación vitamínica tuvieron una mayor incidencia de deficiencia de vitamina D (36).

En conclusión, existe suficiente evidencia que sugiere que los pacientes con patología de columna vertebral tienen una alta incidencia de hipovitaminosis D.

Las deficiencias de vitamina D y alteraciones metabólicas como el hiperparatiroidismo secundario en general pueden ser corregidas entre 6 a 12 semanas. Cuando se detecta una deficiencia de vitamina D se prescribe 50.000UI de vitamina D2 (ergocalciferol) oral por semana durante 8 semanas, un lapso de tiempo relativamente corto que puede completarse previo a una cirugía electiva (34). Además, que se ha reportado que la suplementación con vitamina D es una medida con una buena relación de costo-efectividad. La suplementación de vitamina D tiene un coste de entre 0.21 y 1.46\$ por semana. Por el contrario, el coste a 2 años de la cirugía de revisión por pseudoartrosis en procedimientos de fusión vertebral asciende a 28.069 \$ (37).

## 1.8 Casuística de las cirugías de columna vertebral en el Servicio de Neurocirugía del CHUIMI

A fin de establecer nuestro tamaño muestral realizamos una revisión de la casuística de cirugías de raquis cervical y lumbar realizada por parte del Servicio de Neurocirugía del CHUIMI durante el transcurso del año 2015, y los resultados fueron los siguientes:

- Cirugía de artrodesis de columna lumbar con o sin instrumentación: 132
- Cirugía de artrodesis de columna cervical con o sin instrumentación: 58
- Reintervenciones por pseudoartrosis: 4
- Cirugía de fijación o artrodesis de columna por fracturas vertebrales traumáticas: 15

La mayoría de las cirugías realizadas fueron artrodesis lumbar posterolateral con instrumentación (tornillos pediculares). Las patologías con indicación de artrodesis vertebral fueron; enfermedad degenerativa discal, estenosis de canal lumbar, inestabilidad vertebral, y espondilolistesis degenerativa. En cuanto a la patología cervical principalmente fueron; hernias discales y mielopatía cervical espondilótica. En promedio se realizan unos 200 procedimientos de fusión de columna vertebral al año, una parte significativa fueron pacientes mayores de 50 años (75%).

#### Capítulo 2: Patrones de actuación de los cirujanos de columna frente a la osteoporosis

#### 2.1 Introducción

Recientemente se han publicado algunos reportes de mucho interés evaluando los patrones de actuación en el manejo de las osteoporosis por parte cirujanos de raquis.

Una investigación analizó la variación en el tratamiento de la OP antes y después de una fractura de cadera tras revisar más de cuatro millones de expedientes clínicos de la Base de Datos para la Investigación Farmacoepidemiológica en Atención Primaria (BIFAP) a nivel nacional. Se registraron datos durante al menos 1 año tras una primera fractura de cadera entre 2005-2011. El 73,5% de pacientes no recibían tratamiento farmacológico contra la OP previamente al evento de fractura de cadera. Posterior a la fractura los especialistas iniciaron algún tipo de tratamiento por primera vez en una minoría de pacientes, ya sea con bisfosfonatos (13,6%) o con calcio-vitamina D (21,8%) (38).

El hecho de solicitar una DXA posterior a las fracturas distales de radio por parte de ortopedistas se correlacionó con un incremento en el tratamiento para OP (39).

Daffner y cols., evaluaron la tasa de referencia para el tratamiento a largo plazo de la osteoporosis en casos de fractura de compresión vertebral tratados por diferentes especialidades en una sola institución académica. Se registró un total de 240 pacientes intervenidos con técnicas de refuerzo vertebral, los cirujanos ortopedistas refirieron al 82% de sus pacientes tratados para el manejo de la osteoporosis, los neurocirujanos al 36%, y los radiólogos intervencionistas refirieron solo al 17% (40).

Es muy importante evaluar la actitud y participación de los cirujanos de columna respecto a la detección de la OP en pacientes que se van a someter a procedimientos de fusión de columna vertebral y en la evaluación de la deficiente fusión ósea o pseudoartrosis.

Dipaola y cols., realizaron un estudio mediante un cuestionario de 10 preguntas a 133 cirujanos de columna durante una conferencia sobre patología de raquis, entre los resultados más importantes observaron que en el caso de fracturas vertebrales 60% de los participantes solicitaba una densitometría ósea, y 39% solicitaban laboratorios con un perfil metabólico óseo (vitamina D, PTH, Calcio). En el caso de pacientes que se iban a someter a un procedimiento de fusión vertebral instrumentada, el 44% solicitaba densitometría ósea y el 12% perfil metabólico óseo. En cuanto a la valoración de la pseudoartrosis, solo el 19% solicitaba una DXA y un 20% requería de laboratorios con perfil metabólico óseo.

Un hallazgo relevante es que de los cirujanos que solicitaban DXA preoperatorio, un 74% modificaría el plan quirúrgico según su resultado (41).

Dicho estudio pone en relevancia que a pesar de la alta incidencia de osteoporosis y osteopenia en pacientes que se someten a cirugía de columna instrumentada, un importante número de cirujanos no realiza una adecuada valoración preoperatoria de osteoporosis por lo que es necesario poner énfasis en la necesidad de la participación de los cirujanos de columna en la detección de la osteoporosis y osteopenia. En nuestro medio no existían estudios que hayan valorado esta situación, por lo desconocemos sobre las actitudes y patrones de trabajo de los cirujanos de columna vertebral respecto a la osteoporosis.

Tabla. Comparativa de estudios sobre los patrones o tendencias de manejo de cirujanos de columna respecto a la artrodesis, pseudoartrosis y FCV (Fuente propia artículo 3)

Publications	Trends in spine surgery arthrodesis and OP			Pseudoarthrosis and	VCF referral and	VCF management
	Preoperative management suspected OP	Modification of technique	Surgical strategy	ОР	diagnosis of OP	
Dipaola (41)	DXA 44% laboratories 12%	Surgeons alter surgical plan 74% depending on DXA results	Not investigated	-DXA 19% -Metabolic bone labs 20% -Refer to specialist before surgery 63.3%	DXA 60% Metabolic bone labs 39% Refer to specialist 25,2%	Not investigated
SENEC (artículo 2)	- Preop screening* (DXA/MBP) 32.5% - Refer 32.5% - No additional studies 32.5%	Modified or alter surgical plan 48.7%	-Cement-augmented screws 70.1% -Modification of technique bicortical fixation 31.2% -Long segment instrumentation 29.9%	- Preop screening* (DXA/MBP) 14.3% - Refer 27.6% - No additional studies 46.1%	- Preop screening* (DXA/MBP) 23.4% - Refer 59.7% - No additional studies 6.5%	-Conservative treatment if no improvement vertebroplasty or kyphoplasty 66.2% -Conservative 3.9%
AOSpine Latin America (42)	Risk factors for OP -DXA 64.9% - Vit. D 44,5 - Refer 81%	Unplanned modification of the surgery 67.4%	-Extend the instrumentation 65% -Cement injection associated with instrumentation 63% -Fenestrated screws 41.4%	Not investigated	Not investigated	Not investigated
EANS (artículo 3)	- Preop screening* (DXA/MBP) 47.1% - Refer 31.4% - No additional studies 21.5%	Modified or alter surgical plan 66.4%	-Cement-augmented screws 77.9% -Modification of technique bicortical fixation 36,1% -Long segment instrumentation 45%	- Preop screening* (DXA/MBP) 43.4% - Refer 29.5% - No additional studies 23.8%	- Preop screening* (DXA/MBP) 47.5% - Refer 41.3% - No additional studies 11.6%	-Conservative treatment if no improvement vertebroplasty or kyphoplasty 55.7% -Conservative 4.1%

Abbreviations DXA dual-energy x-ray absorptiometry, MBP Metabolic Bone Profile, OP osteoporosis, VCF Vertebral Compression Fracture.

<sup>\*</sup>DXA or MBP or both DXA and MBP

#### 2.2 Cirugía de columna: complicaciones asociadas a osteoporosis

Se ha demostrado que los pacientes con OP tienen una menor actividad osteoblástica, esto se acompaña de una deficiente capacidad osteoconductiva, osteoinductiva y osteogénica. El resultado final es un remodelamiento óseo negativo, con la consecuente deficiente fusión ósea, y una reducción del "pull-out" o fuerza de extracción de los tornillos pediculares (43,44).

La baja DMO es el principal factor de riesgo independiente para el fallo de la instrumentación en las cirugías de artrodesis de columna (44). La DMO es mayor en los pacientes que logran mayores tasas de fusión comparados a los que padecen pseudoartrosis posterior de una artrodesis de columna vertebral (41). Una proporción significativa de la pseudoartrosis se explica por la disminución de la DMO (45).

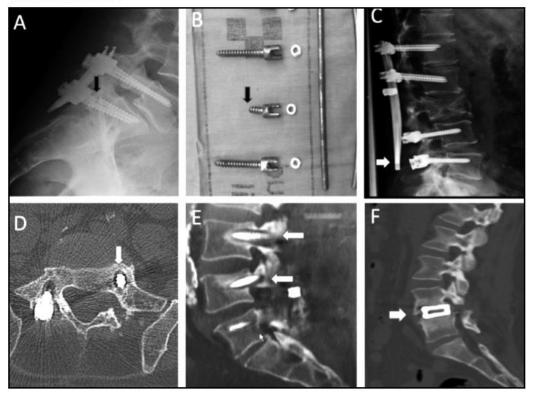
Las instrumentaciones con montajes largos para el tratamiento de la escoliosis o cifosis degenerativas son practica quirúrgica rutinaria en la actualidad y han aumentado en frecuencia. Se estima que el 36-48% de las mujeres con OP padecen de una deformidad escoliótica de la columna. En general los pacientes que presentan grandes deformidades cifótica o escoliosis padecen habitualmente de una baja DMO (46).

Las complicaciones tras una cirugía de fusión vertebral son más frecuentes en pacientes mayores de 65 años (47), se pueden dividir en:

- 1) Complicaciones tempranas (dentro de los 3 meses) son: el "pull-out" de tornillos pediculares, el hematoma epidural, la fractura del pedículo vertebral.
- 2) Las complicaciones tardías (a partir de 3 meses) son: la pseudoartrosis, rotura o migración de la instrumentación, fractura compresión del segmento vertebral adyacente, hernia discal adyacente, hundimiento de cajas intersomáticas y la la cifosis de la unión proximal (CUP).

#### Figura complicaciones asociadas a osteoporosis en cirugía de raquis (Díaz-Romero<sup>46</sup>)

Figura 1. (A) Radiografía lateral de columna lumbosacra: se observa rotura de tornillo S1 (flecha). (B) Pieza quinúrgica del tornillo roto extraído. (C) Radiografía lateral de columna lumbosacra donde se observa movilización de las barra a nivel distal (flecha). (D) TC corte axial y (E) sagital, se observa halo hipodenso alrededor de los tornillos pediculares (flechas), característico de la pseudoartrosis. (F) TC sagital que ilustra la presencia de subsidencia o hundimiento del dispositivo intersomático, nótese la pérdida de la altura discal y la erosión de los platillos vertebrales (flecha)



El fracaso de la instrumentación puede dividirse en virtud de la ubicación de la instrumentación, ya sea anterior o posterior.

La instrumentación *vía posterior* puede fracasar por una limitada fuerza de fijación en el hueso debido a la baja DMO. Esto ocasiona el "*pul-lout*" o aflojamiento de los tornillos pediculares.

La instrumentación vía anterior está sujeta a una carga repetitiva, resultando en el hundimiento o "subsidencia" del implante intersomático (48,49).

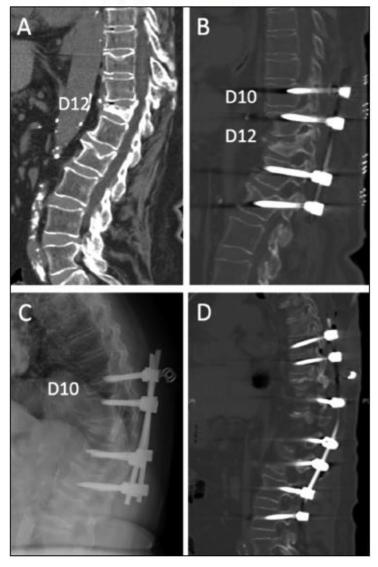
La OP es uno de los principales factores de riesgo para el fallo de una cirugía en la columna vertebral, en especial en los casos de instrumentaciones de varios niveles vertebrales.

Las complicaciones más frecuentes en pacientes mayores de 65 años, intervenidos de instrumentaciones largas fueron: la fractura vertebral adyacente por compresión en el nivel superior a la artrodesis y la cifosis de la unión proximal (CUP) al final de la instrumentación en 28% de los casos. En general la CUP es la complicación más frecuente en artrodesis instrumentadas de montajes largos (47).

La cifosis de la unión proximal ha suscitado mucho interés por su frecuencia y su complejidad. La *Scoliosis Research Society* define a la PJK (*del inglés proximal junctional kyphosis*) o CUP como el ángulo de Cobb cifótico igual o superior a 20° entre la última vértebra instrumentada y las dos vértebras por encima (46).

#### Figura complicaciones asociadas a osteoporosis en cirugía de raquis (Díaz-Romero<sup>46</sup>)

Figura 2. (A) TC sagital a nivel dorsolumbar; se observa fractura por compresión osteoporótica a nivel D12 con cifosis segmentaria. (B) Artrodesis mediante instrumentación con tornillos pediculares de D10 hasta 1.2, con corrección significativa de cifosis. (C) Radiografia lateral: fractura vertebral por compresión a nivel D10 con cifosis de la unión proximal y pullout del tornillo a nivel D10. (D) Ampliación de la artrodesis, superior a niveles D8 y D9 e inferior a niveles 1.3 y 1.4, y corrección de la cifosis



La prevalencia de la CUP es de un 39% en la cirugía de deformidad de columna, y se presenta mayormente dentro de las primeras 8 semanas del posoperatorio. Los factores de riesgo más relevantes son la edad avanzada, la deficiente calidad ósea y una alteración significativa del balance sagital. Un tercio de los pacientes con CUP son reintervenidos de forma temprana antes de los 5 meses por fracaso mecánico e inestabilidad vertebral.

La cifosis torácica preoperatoria de más de 30° es un factor de riesgo independiente en el desarrollo de CUP, y que la adecuada corrección de la alineación sagital en la cirugía reduce la aparición de la CUP de un 45% a un 19% (50,51).

#### 2.3 Tratamiento farmacológico de la osteoporosis en los pacientes con cirugía de raquis

Los pacientes con OP y con bajos niveles de vitamina D pueden padecer de deficientes tasas de fusión óseas tras a una artrodesis vertebral, y de forma adicional en algunos pacientes suelen tener peores resultados en las escalas de discapacidad y de dolor (44).

Tras una notable mejor compresión de la fisiopatología referente a los mecanismos de formación y resorción ósea, y consecuentemente en el tratamiento farmacológico de la OP, lo siguiente es plantear la interrogante sobre la influencia de estas terapias farmacológicas en el proceso de fusión ósea en la cirugía de raquis (52). Actualmente ya existen un número significativo de ensayos clínicos que han estudiado el impacto del tratamiento farmacológico (bifosfonatos, ácido zoledrónico, PTH), sobre la fusión ósea en cirugías de columna vertebral.

Existen estudios experimentales en animales que han evaluado la acción de los bifosfonatos sobre el proceso de fusión ósea en una artrodesis, la mayoría no pudieron mostrar efectos significativos sobre la tasa de fusión ósea, aunque fueron muestras pequeñas de bajo poder estadístico. Adicionalmente estos estudios a base de bifosfonatos observaron que la masa ósea de la fusión fue menos madura histológicamente, y el impacto en la biomecánica no fue determinante (53).

Por otro lado, otro estudio experimental en modelo animal de OP demostró que el ácido alendrónico producía una mejoría radiológica, biomecánica e histológica de la fusión ósea de la columna vertebral (54). El alendronato propició un crecimiento óseo interno en el injerto de fusión posterolateral lo que ayudo significativamente en el proceso de fusión ósea en animales con OP.

En cuanto a los estudios en pacientes Kim y cols. estudiaron a 44 pacientes tratados con alendronato y operados de fusión lumbar intersomática de un nivel comparados a un grupo control. No existieron diferencias significativas respecto a la fusión ósea (55).

Nagahama y cols. realizó un ensayo clínico en 40 pacientes con OP operados de artrodesis lumbar intersomática y que se les administró bifosfonatos. Se observó incremento de la tasa de fusión en el grupo con alendronato comparado a los controles (95% vs 65% respectivamente) al año de seguimiento. Se registró una disminución del hundimiento de prótesis intersomática y de la fractura vertebral del segmento adyacente en el grupo con tratamiento. Con estos resultados los autores concluyeron que está indicado el tratamiento postoperatorio con bifosfonatos en todos los pacientes con OP sin llegar a establecer un consenso respecto al tratamiento farmacológico (56).

Otro estudio en 44 pacientes, valoró la influencia del ácido zoledrónico en los pacientes operados de una artrodesis posterolateral por una estenosis de canal lumbar. A los 6 meses de seguimiento no se pudo demostrar un aumento significativo en la masa de fusión en el grupo de ácido zoledrónico comparadas con un grupo control. Sin embargo, en el grupo tratado con ácido zoledrónico se observó una mejoría significativa del dolor medida por EVA y de la funcionalidad cuantificada por la escala de Oswestry (57).

A continuación, Tu y cols. publicaron un ensayo clínico midiendo el efecto del ácido zoledrónico en las tasas de fusión en pacientes con OP tras una artrodesis intersomática lumbar posterior. Se encontró una mejor tasa de fusión ósea en el grupo que recibió ácido zoledrónico comparado al grupo control (75% vs 56%) que sin embargo no llego a tener significancia estadística. Además, existió una leve tendencia a la mejoría en cuanto al dolor y funcionalidad (EVA y ODI) en el grupo de pacientes que recibieron ácido zoledrónico. La tasa de aflojamiento de los tornillos pediculares fue significativamente mayor en el grupo control respecto a los pacientes tratados con ácido zoledrónico (45% vs 18%) (58).

Chen y cols. realizo un ensayo clínico aleatorizado en 79 pacientes con OP con espondilolistesis degenerativa intervenidos de artrodesis de columna lumbar y comparando la tasa de fusión ósea en un grupo con ácido zoledrónico y un grupo control. Se registraron mejores tasas de fusión a los 3, 6 y 9 meses en el grupo de ácido zoledrónico sin llegar a ser significativa a los 12 meses. Igualmente, el zoledronato evitó la pérdida ósea inducida por la inmovilización además de mejorar la DMO. Se concluyó que el ácido zoledrónico incrementa la rapidez de fusión ósea, y evita la fractura vertebral por compresión adyacente (59).

Ohtori y cols. elaboraron un ensayo clínico aleatorizado en 57 mujeres con espondilolistesis degenerativa y OP operadas de una artrodesis lumbar con fusión posterolateral. Esta vez se comparó a un grupo tratado con risedronato con otro que recibió hormona paratiroidea PTH (teriparatida). La tasa de fusión ósea en el grupo de PTH fue de un 82% y con risedronato del 68%. La rapidez en lograr una fusión ósea fue de 8 meses para PTH y 10 meses con risedronato (60).

En otro estudio más reciente, con este mismo grupo de investigadores se valoró el efecto del tratamiento con PTH comparado al risedronato en 62 mujeres osteoporóticas con una cirugía de artrodesis posterolateral instrumentada, con espondilolistesis degenerativa. Existió una menor incidencia de aflojamiento de tornillos a favor en el grupo de PTH en comparación al grupo con risedronato y al control (61).

#### Tabla. Estudios que valoran el efecto del tratamiento farmacológico de la osteoporosis en la cirugía de artrodesis vertebral (Díaz Romero<sup>46</sup>)

Tabla 1. Estudios que valoran el efecto del tratamiento farmacológico de la osteoporosis en la cirugía de artrodesis vertebral

Estudio	Población	Tratamiento médico (grupos)	Duración del tratamiento	Tasas de fusión	Método de valoración de fusión	
Alendronato Kim y cols. <sup>24</sup>	44 pacientes con OP que se operaron de PLIF	- Alendronato sódico (35 mg/semana) - Grupo control	No especificado	- Alendronato: 66,7 - Grupo control: 7,9%	RX: fusión con puentes óseos entre cuerpos vertebrales, en el interior o alrededor de la cajas intersomáticas y movimiento angular menor de 5° en RX dinámicas	
<b>Alendronato</b> Nagahama y cols. <sup>25</sup>	40 pacientes con OP con fusión intersomática PLIF de 1 nivel	- Alendronato sódico (35 mg/semana) - Alfacalcidol (1 mg/día)	1 año	- Alendronato: 95% - Alfacalcidol: 65% (p=0,025)	TC coronal y sagital para valorar puentes óseos	
<b>Zoledronato</b> Park y cols. <sup>26</sup>	44 pacientes con estenosis espinal lumbar sintomática sometidos a fusión lumbar posterolateral de 1 ó 2 niveles	- 1: Fusión posterolateral autólogo cresta iliaca y ácido zoledrónico (5 mg) - 2: Aloinjerto y autoinjerto local y ácido zoledrónico (5 mg) - 3: Autoinjerto con cresta iliaca y hueso local solamente - 4: Aloinjerto y autoinjerto local	2 semanas después de la cirugía una dosis única intravenosa	- Grupo 1: 100% - Grupo 2: 100% - Grupo 3: 100% - Grupo 4: 82%	RX funcionales y TC 3-D, valoración a ciegas de hueso a nivel intertransverso	
<b>Zoledronato</b> Tu y cols. <sup>27</sup>	64 pacientes con OP y espondilo- listesis degenerativa lumbar operados de fusión intersomática	- Zoledronato, 5 mg IV (n=32) - Grupo control (n=32)	3 días del <i>postopera-</i> <i>tio</i> y luego una vez al año	- Zoledronato: 1,75% - Grupo control: 2,56%	RX evaluador independiente. Fusión = ausencia de radioluci- dez alrededor del injerto, evidencia de puentes óseos entre los platillos intervertebrales y ausencia de movimiento en las RX dinámicas	
Zolendronato Chen y cols. <sup>38</sup>	79 pacientes con espondilolistesis degenerativa de 1 nivel	<ul> <li>Zoledronato, 5 mg</li> <li>Control con infusión de solución salina</li> </ul>	3 días después de la cirugía Zoledronic acid (5 mg) o solución salina	Grado A o B más frecuentes en grupo de zoledronato a los 3, 6, y 9 meses comparado con grupo control (p<0,05). Sin serlo a los 12 meses	3 categorías:  - Grado A: puentes óseos completos entre ambos cuerpos vertebrales  - Grado B: puentes óseos en el platillo superior o inferior  - Grado C: puentes óseos incompletos (g)  Fusión = movimiento angular menor de 5° y Grados A o B	
Teriparatida Ohtori y cols. (2012) <sup>29</sup>	57 mujeres con OP y espondilolis- tesis degenerativa de 1 o 2 niveles y instrumentación con fusion posterolateral con injerto local	Teriparatida (20 mg/día, inyección subcutánea)     Risedronato (17,5 mg/semana, oral)	2 meses antes y 8 meses después de la cirugía (10 meses en total)	- Teriparatida: 84% (RX) y 82% (TC) - Risedronato:74% (RX) y 68% (TC) (p<0,05)	RX y TC interpretadas a ciegas por 3 cirujanos. Definición de puentes óseos entre los platillos intervertebrales e intertransverso	
<b>Teriparatida</b> Ohtori y cols. (2013) <sup>89</sup>	62 mujeres con OP y espondilolistesis degenerativa	- Teriparatida (20 mg/día, SC) - Risedronato (2,5 mg/día, oral) - Grupo control	2 meses antes y 10 después de la cirugía	Aflojamiento de tornillos: - Teriparatida: 7%-13%; - Risedronato: 13%-26% - Control: 15%-25% (p<0,05)	RX y TC interpretadas con cegamiento por 3 cirujanos para la valoración de aflojamiento de tornillos	

OP: osteoporosis; PLIF: fusión intersomática lumbar posterior; RX: radiografía; TC: tomografía computarizada; 3-D: tridimensional.

#### 2.4 Técnicas quirúrgicas en cirugía de raquis en pacientes osteoporóticos

Es evidente que la osteoporosis tiene un impacto en los resultados de la cirugía de fusión de columna lumbar o cervical, razón por la cual se han desarrollado nuevas técnicas que pueden mejorar los resultados una cirugía de fusión vertebral y evitar complicaciones.

A continuación, desarrollamos las principales estrategias de cirugía aplicadas a paciente con OP

#### 2.4.1 Reforzar la instrumentación vertebral

a) Extender de los puntos de fijación (montajes largos): Consiste en ampliar la instrumentación al menos en tres niveles rostral y caudalmente habitualmente con tornillos pediculares. Con esto logramos reducir la carga que se trasmite a varios puntos de fijación, en el caso de una disminución de la DMO este aspecto es de especial relevancia (47).

Por otra parte, la utilización de alambres o ganchos sublaminares que están en contacto directo con hueso cortical, en combinación a los tornillos pediculares (montajes híbridos), son una opción muy válida, el inconveniente que es técnicamente más demandante y no está tan extendido su uso (62).

b) Aplicación de conector transversal: La colocación de un conector transversal o "cross-link" entre las barras laterales a la instrumentación con tornillos pediculares puede incrementar la rigidez del sistema y evitar la rotación axial de los tornillos (63). Igualmente puede incrementar la resistencia de extracción o "pull-out" de los tornillos de pediculares (64).

#### 2.4.2 Técnicas para la colocación de tornillos pediculares

- a) Agujero piloto: es el paso inicial en la colocación de los tornillos de pediculares. Hay que considerar que los agujeros piloto más amplios no tienen un buen agarre de los tornillos a nivel cortical, es preferible un orificio piloto de menor tamaño ya que esto puede incrementar el torque de inserción, sin embargo, cuando son muy pequeños pueden ocasionar la fractura de pedículo. Una investigación sobre este aspecto determino que el tamaño óptimo del orificio piloto no debe superar el 70% del diámetro del tornillo pedicular, esto incrementa la fuerza de extracción del tornillo y disminuye el riesgo de fractura iatrogénica pedicular. Por último, se recomienda realizar agujero piloto mediante fresado o punzón que es más preciso que el uso de la gubia (65).
- b) Terrajado en la colocación tornillos pediculares: el terrajado es útil para guiar y preparar el trayecto en la colocación de los tornillos pediculares, sin embargo, puede modificar el grado de agarre y torque de los tornillos pediculares. La ausencia de terrajado o el terrajar con diámetros inferiores al diámetro del tornillo, puede incrementar la fuerza de agarre del implante (66).

De manera similar un estudio que utilizó hueso osteoporótico mostró una disminución de la resistencia de extracción del tornillo de pedicular cuando el terrajado se realizó con mismo diámetro que el tornillo insertado. Como ya se comentó el no terrajado o terrajado con un diámetro inferior mejoró el *pull-out* en tornillos pediculares lumbares, pero no en los torácicos (67).

c) Tornillos pediculares bicorticales: en el cuerpo vertebral la cortical contiene un hueso más compacto y fuerte que el hueso esponjoso, por lo que es lógico que una fijación bicortical sea más robusta que el tornillo unicortical. Generalmente los tornillos bicorticales se aplican a nivel sacro nivel S1, con un menor riesgo de lesionar estructuras neurovasculares (68).

La fijación bicortical incrementa la fuerza de torsión y la fuerza de extracción del tornillo pedicular después de una carga cíclica 69). Otra posibilidad es la fijación "tricortical" con el extremo del tornillo a nivel cortical posterior, y anterosuperior del platillo S1.

d) El "Hubbing": actualmente es una maniobra controversial, consiste en la incrustación de la cabeza del tornillo a nivel de la cortical ósea dorsal. Los que propugnan la utilidad de esta técnica refieren que evita el efecto "limpia parabrisas" de los sistemas de instrumentación. Los estudios biomecánicos en cadáver han observado que el "hubbing" ocasiona un descenso de más del 40% en el *pull-out*, de tornillos pediculares, por lo que actualmente es una técnica que no se recomienda (70).

#### e) Tornillos pediculares con trayecto cortical

La técnica tradicional de colocación de los tornillos de pediculares consiste en el atornillado de dorsolateral a ventromedial hacia la esponjosa del cuerpo vertebral, sin embargo, hay que recordar en el caso de una deficiente DMO esto puede conllevar a un insuficiente agarre de las prótesis. En la actualidad existe alternativas en la trayectoria de la colocación de los tornillos, de manera que el roscado entre en contacto con más hueso cortical a nivel de istmo y del pedículo (71). Habitualmente estos tornillos con trayectoria cortical son de menor tamaño que los tradicionales, pero tienen una mayor fuerza de extracción de los tornillos (72).

Hasta el momento existen algunos estudios observacionales y un ECA de 77 pacientes que comparó a pacientes operados con tornillos en hueso cortical con la técnica estándar a hueso esponjoso. Se registraron tasas de fusión similares (89.5% convencional vs 92 % cortical), aunque los pacientes con de tornillos corticales tuvieron una menor pérdida de sanguínea, un tiempo quirúrgico más corto, y una de incisión más corta (73).

#### 2.4.3 Diseño del tornillo pedicular

#### a) Aumento en el tamaño de los tornillos:

Conceptualmente los tornillos de un mayor diámetro ocupan una mayor proporción del pedículo y por lo tanto el roscado contacta de manera más amplia con la cortical del pedículo. Esto es aún más evidente a nivel del sacro. Estos hallazgos han sido sustentados por varios estudios observacionales que han descrito que un aumento del diámetro y longitud de los tornillos pediculares mejoran la retención y evitan el *pull-out* (74,75).

- b) Tornillos cónicos: se han considerado también las modificaciones en el diseño de los tornillos en cuanto a la morfología y el roscado. El uso de tornillos pediculares cónicos con roscado cónico en el centro o en núcleo son los más conocidos. El diseño consiste en un diámetro exterior del roscado constante, y el núcleo cónico lo que permite una mayor superficie de contacto con la esponjosa de cuerpo vertebral y un aumento de la fuerza de extracción del tornillo (76).
- c) Tornillos cementados: es una técnica que se utiliza cada vez más, y consiste en la aplicación de una capa cemento alrededor del tornillo pedicular en el cuerpo vertebral, esto evita el *pull-out* o el aflojamiento del material (77).

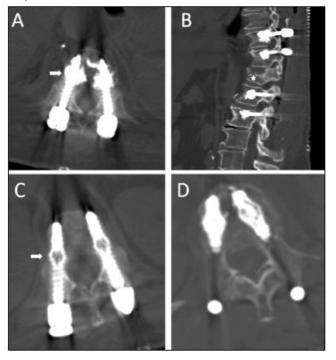
El material más utilizado y estudiado es el polimetilmetacrilato (PMMA) (78), se ha visto que esto incrementa muy significativamente la fuerza de extracción de los tornillos a nivel pedicular muy útil en las vértebras osteoporóticas. Otros materiales que se utilizan con resultados satisfactorios son cementos bioactivos constituidos por sulfato de calcio o fosfato de calcio (79).

Como toda técnica quirúrgica existen algunas complicaciones que son infrecuentes o asintomáticas, las más habituales son la extravasación cemento a nivel venoso o en el canal raquídeo (80).

d) Tornillos pediculares expansibles: se basan en un mecanismo que expande la porción del tornillo a nivel del cuerpo vertebral, dejando el pedículo intacto. Este mecanismo aumenta en más de un 50% la resistencia a la extracción del tornillo o *pull-out* de los tornillos en el hueso osteoporótico (81,82,83). La desventaja de la técnica es laboriosa cuando se requiere de una cirugía de revisión que requieren la extracción del material.

Figura técnica de tornillos cementados y expansibles (Díaz Romero<sup>46</sup>)

Figura 3. (A) TC corte axial y (B) sagital se observa tornillos pediculares con la técnica de refuerzo vertebral con cemento. (C) y (D) TC proyección axial muestra la técnica con tornillos expansibles, con parte del tornillo expandido a nivel de cuerpo vertebral (flecha)



# 2.4.4 Técnicas que previenen la "cifosis de la unión proximal" (CUP)

Para la prevención del desarrollo de CUP es fundamental la medición preoperatoria de la DMO y de estar disminuida su optimización oportuna. Otras recomendaciones en cuanto a la técnica quirúrgica son el moldeamiento correcto de la barra terminal en cifosis, el uso de ganchos en las apófisis transversas en el extremo superior de la instrumentación. También es fundamental no terminar la fijación o artrodesis en un nivel cifótico o transicional y mantener un balance sagital y coronal adecuado (46).

Para evitar las fracturas vertebrales del segmento adyacente superior se puede realizar una vertebroplastia en uno o dos niveles vertebrales superiores a la instrumentación.

# Tabla. Estudios que valoran el efecto de las diferentes técnicas quirúrgicas en pacientes con osteoporosis (Díaz Romero<sup>46</sup>)

Tabla 2. Estudios que valoran el efecto de las diferentes técnicas quirúrgicas en pacientes con osteoporosis

	Pacientes	Técnica Tasas de quirúrgica fusión		Métodos de valoración de fusión			
	Tornillos canulados y cementados						
Moon y cols. <sup>22</sup>	37 pacientes con OP y estenosis canal espinal degenerativas	Tornillos canulados y cementados con PMMA	91,9%	RX con puentes óseos intersomáticos, ausencia de movimientos en estudios funcionales, ausencia de patrón radiolúcido			
Piñera y cols. <sup>22</sup>	23 pacientes con OP >70 años, espondilolistesis lumbar degenerativa e inestabilidad o estenosis lumbar	Instrumentación de tornillos canulados y cementados con PMMA	- 74% (RX) - 100% (TC a los 6 meses) - Radiolucidez en la interfase tornillo cemento en 3 pacientes	RX con puentes óseos intersomáticos TC puentes óseos intertransverso o interfacetario			
Dai y cols.2 <sup>2</sup>	43 pacientes con OP y enfermedad degenerativa espinal	Instrumentación de tornillos canulados y cementados	100%	TC en 2- y 3-D utilizando los métodos de Sapkas' y Christiansen's			
	Tornillos pediculares expansibles						
Cook y cols. <sup>51</sup>	145 pacientes estudiados; 21 padecían OP	Tornillos pediculares expansibles (Sistema espinal Omega21)	86%	RX que demuestren puentes de hueso trabecular entre los segmentos fusionados			
Gazzeri y cols.51	10 pacientes con OP	Tornillos pediculares expansibles (OsseoScrew)	0% de aflojamiento de tornillo	RX y TC para valorar radiolucidez alrededor de tornillos			
Wu y cols. <sup>51</sup>	157 pacientes con estenosis de canal y OP	Tornillos pediculares expansibles: n=80 Tornillos convencionales: n=77	- Expansibles: 92,5% - Convencionales: 80,5% (p=0,048)	RX dinámicas TC valoradas a ciegas por 2 radiólogos. Fusión = hueso trabecular a través del segmentos fusionado. Translación <3 mm o angulación <5 mm en RX de flexión–extensión			

OP: osteoporosis; PMMA: polimetilmetacrilato; RX: radiografía; TC: tomografía computarizada; 2-, 3-D: bi-tridemensional.

# 2.5 Fractura vertebral osteoporótica

Las fracturas vertebrales osteoporóticas por compresión (FVC) representa la mayor proporción de fracturas asociadas a OP. La gran mayoría cursan de forma asintomática (deformidad morfométrica) y su diagnóstico suele ser incidental al realizar una radiografía de columna dorsal o lumbar. La prevalencia de FVC en Europa en la población de entre 50 a79 años es del 12.2% en los varones y del 12% en las mujeres, y puede llegar a un 20 a 25% en mujeres en torno a los 80 años (84). Las FVC son una de las principales causas de discapacidad y morbilidad en ancianos, además de elevar la tasa de mortalidad en relación a la de la población general. El tratamiento médico con calcio, vitamina D, bifosfonatos, reemplazo hormonal, son muy eficaces para reducir el riesgo fractura. Empero, hasta un tercio de los pacientes sigue experimentando dolor, y el 15% de los individuos continúan sufriendo fracturas subsecuentes, a pesar del tratamiento (85). Aunque la mayoría de los FVC simples pueden ser tratadas de forma no quirúrgica (reposo; analgésicos; órtesis externa) y el dolor suele ser autolimitado durante unos días o semanas, aproximadamente una sexta parte de los pacientes quedan postrados en cama y requieren ingreso hospitalario. Además, hay un porcentaje de pacientes que van a sufrir de un colapso progresivo del cuerpo vertebral y sufrir de una importante deformidad de la columna vertebral. En algunos pacientes con una insuficiente consolidación de la fractura, las técnicas de refuerzo

vertebral (vertebroplastia o cifoplastia) puede proporcionar estabilidad y alivio del dolor.

# 2.5.1 Técnicas de refuerzo vertebral

La vertebroplastia y la cifoplastia son procedimientos encuadrados en las denominadas "técnicas de refuerzo vertebral", y utilizan un abordaje transpedicular o extrapedicular percutáneo. En el caso de la vertebroplastia se aplica un cemento óseo, el más común es el polimetilmetacrilato (PMMA). En el caso de la cifoplastia, inserta un balón que se insufla dentro de la vértebra con la finalidad teórica de restaurar su altura y reducir la cifosis, posterior a producir una cavidad en la vértebra fracturada se inyecta el cemento a menor presión y con alta viscosidad, lo que evita o reduce las fugas de cemento. El objetivo final de ambos procedimientos es aliviar el dolor a través del refuerzo y la estabilización de la fractura vertebral (86).

Las técnicas de refuerzo vertebral son procedimientos seguros, eficaces en pacientes bien seleccionados, están indicados en el tratamiento de las FVC refractarias a tratamiento médico y fracturas patológicas neoplásicas sintomáticas (87).

Existen estudios observacionales ya sea prospectivos o retrospectivos, y en la última década ECAs que han demostrado una mejoría significativa en el dolor y mejoras en la funcionalidad de la deambulación de la vertebroplastia comparada al tratamiento médico, aunque no está exenta de controversias (87).

Los dos ensayos clínicos con mayor tamaño de muestral en este ámbito han demostrado una mejoría del dolor y beneficios de la vertebroplastia y la cifoplastia que persisten tras 1 año de seguimiento (88,89). Otros estudios han demostrado beneficios significativos para la vertebroplastia que perduran hasta 3 años (90), sin embargo, otros observaron que el efecto útil fue de solo 1 mes (91). El ECA multicéntrico INVEST que reclutó 131 pacientes encontró que la vertebroplastia puede proporcionar una reducción moderada del dolor al cabo de 1 año en comparación con el procedimiento de control; aunque, no se observaron diferencias en la discapacidad funcional (92). Por el contrario, otro ECA que no demostró beneficios de la vertebroplastia tras el primer mes de intervención (93). Aunque en la actualidad existen diversidad de posiciones y recomendaciones sobre las técnicas de refuerzo vertebral y no hay un consenso generalizado, pero podemos concluir que la vertebroplastia en FVC tiene un beneficio modesto a corto plazo y probablemente largo plazo (46).

# Tabla principales ensayos clínicos sobre vertebroplastia en FVC (Díaz Romero<sup>46</sup>)

ECAP	n	Criterios de inclusión	Grupos	Parámetros	Tiempo de seguimiento	Resultados (en relación al grupo "vertebroplastia")
FREE (2009)	300	1-3 FCV; al menos 1 con edema (RM) y pérdida □15% de la altura; <3 meses de la fractura	Cifoplastia (n=149) Vs. Tratamiento médico (n=151)	Principal: Short-Form-36 physical component summary (SF-36 PCS). Secundarios: dolor de espalda y discapacidad.	12 meses	Mejoría clínica significativa al primer mes (p<0,001).  Mejoría clínica significativa en el dolor de espalda y discapacidad al año.  No diferencias en relación a efectos adversos.
INVEST (2012)	131	1-3 FCV; <12 meses de la fractura; se excluyen pacientes con patología tumoral maligna	Vertebroplastia (n=68) Vs. Placebo (n=63)	Modified Roland–Morris Disability Questionnaire (RDQ) e intensidad del dolor al primer mes.	12 meses	No diferencias significativas en los parámetros principales al primer mes, aunque sí diferencias clínicas en relación a la intensidad del dolor al primer mes (p=0,06). No diferencias en relación a efectos adversos.
Buchbinder et al. (2009)	78	1-2 FCV; al menos 1 con edema (RM) o línea de fractura visible; <12 meses de la fractura	Vertebroplastia (n=38) Vs. Placebo (n=40)	Dolor general a los 3 meses.	6 meses	No diferencias significativas entre los grupos en ningún momento del seguimiento.
Rousing <i>et al.</i> (2009 y 2010)	49	1-3 FCV; <8 meses de la fractura; se excluyen pacientes con patología tumoral maligna	Vertebroplastia (n=25) Vs. Tratamiento médico (n=24)	Principal: Intensidad del dolor (EVA) a los 3 y 12 meses. Secundarios: escalas funcionales.	12 meses	No diferencias significativas en relación al dolor o escalas funcionales a los 3 y 12 meses.  Diferencias significativas en relación al dolor al primer mes (p<0,01).
VERTOS II (2010)	202	1-3 FCV; al menos 1 con edema (RM) y pérdida □15% de la altura; <6 meses de la fractura; se excluyen pacientes con patología tumoral maligna	Vertebroplastia (n=101) Vs. Tratamiento médico (n=101)	Principal: Intensidad del dolor (EVA) al primer mes y 12 meses. Secundarios: análisis de coste efectividad.	12 meses	Diferencias significativas en relación a la intensidad del dolor en todos los momentos del seguimiento, con un coste aceptable.
Farrokhi <i>et al.</i> (2011)	82	1-4 FCV; edema vertebral (RM); dolor presente entre 4 semanas y 10 meses; osteoporosis demostrada mediante densitometría	Vertebroplastia Vs. Tratamiento médico. Se permitió el cruce desde el grupo tratado después del primer mes.	Intensidad del dolor (EVA); Oswestry Disability Index; altura del cuerpo vertebral; grado de cifosis.	36 meses	Mejoría significativa en relación al dolor en todos los momentos después de los 6 meses y en relación al Oswestry Disability Index en todos los momentos a partir de los 3 años. Mejoría significativa en todos los momentos en relación a los parámetros radiológicos.

**Notas:** ECAP: estudios controlados aleatorios y prospectivos; EVA: Escala Visual Analógica; FCV: fractura-compresión vertebral; FREE: Fracture Reduction Evaluation trial; INVEST: Investigational Vertebroplasty Safety and Efficacy Trial; RM: resonancia magnética.

# II. JUSTIFICACIÓN

El progresivo envejecimiento y el aumento en la esperanza de vida de la población a nivel mundial, ha incrementado de forma significativa las patologías de raquis que requieren de una cirugía de fusión vertebral. Está población también es susceptible a padecer osteoporosis lo que puede influir en los resultados de la cirugía.

Algunos reportes reconocen una mayor prevalencia de osteoporosis en pacientes que se intervienen de cirugía de fusión de columna vertebral en comparación a la población general.

Un porcentaje muy relevante de estos pacientes no son diagnosticados oportunamente y por lo tanto no reciben un tratamiento eficaz contra la osteoporosis.

Existe datos que sugieren que los pacientes con patología de raquis y osteoporosis o déficit de vitamina D tienen mayor discapacidad funcional y mayor dolor de columna, además de presentar peores tasas de fusión óseas en las artrodesis de columna.

La aplicación en la práctica clínica de nuestros resultados es evidente tomando en cuenta en que existe una evidencia que el tratamiento de osteoporosis puede incrementar significativamente las tasas de fusión ósea, prevenir la aparición de pseudoartrosis y mejorar la evolución clínica de los pacientes que se someten a cirugía de raquis.

Por otro lado, la deficiencia de vitamina D en general pueden ser corregidas entre 6 a 12 semanas, un lapso relativamente corto que puede completarse previo a una cirugía electiva, además que se ha reportado que la suplementación con vitamina D es una medida costo-efectiva y puede evitar las costosas cirugías de revisión por pseudoartrosis.

En cuanto a los patrones y tendencias de actuación sobre la osteoporosis en pacientes con cirugía de raquis, no existen estudios a nivel nacional ni local en este ámbito, sin embargo reportes de otras instituciones sugieren que aún existe poca concientización en la comunidad quirúrgica sobre la influencia en de la osteoporosis y deficiencia de vitamina D en cirugía de fusión vertebral, situación que se ve reflejada por el bajo porcentaje de referencia y tratamiento preoperatorio inadecuado de la osteoporosis. Al conocer los patrones de manejo de los cirujanos de columna en los pacientes con osteoporosis, podemos conocer las áreas potenciales de mejoría en el diagnóstico y tratamiento de esta enfermedad altamente prevalente.

# III. OBJETIVOS

# 3.1 Objetivos generales

- Determinar la prevalencia de osteoporosis e hipovitaminosis D en pacientes operados de patología de raquis.
- Establecer la prevalencia de baja calidad ósea en pacientes operados de artrodesis de columna.
- Valorar los patrones de actuación en el diagnóstico y tratamiento de los cirujanos de columna respecto a la osteoporosis.

# 3.2 Objetivos específicos

- Determinar la prevalencia de osteoporosis mediante los criterios de densitometría de las
   OMS en pacientes mayores de 50 años operados de artrodesis de columna lumbar o cervical
- Medir la calidad ósea mediante estudio de TBS en los pacientes mayores de 50 años operados de artrodesis de columna lumbar o cervical
- Determinar el riesgo de fractura osteoporótica mediante realización de una evaluación clínica completa (FRAX)
- Medir la discapacidad funcional de los pacientes a través de las escalas de discapacidad para columna lumbar con ODI y columna cervical con NDI
- Evaluar si existen diferencias en discapacidad por dolor entre los pacientes con y sin osteoporosis o con calidad ósea disminuida y calidad ósea normal.
- Determinar la prevalencia de hipovitaminosis D en los pacientes intervenidos de patología de raquis, mediante la cuantificación sérica de vitamina D en el perioperatorio.

# IV. PUBLICACIONES

# 4.1 Publicación 1



Original Article

# Prevalence of Poor Bone Quality in Patients Undergoing Spine Surgery: A Comprehensive Approach

Global Spine Journal
1-8
© The Author(s) 2021
Article reuse guidelines:
sagepub.com/journals-permissions
DOI: 10.1177/2192568221989684
journals.sagepub.com/home/gsj

Ricardo Díaz-Romero Paz, MD<sup>1,2</sup>, Manuel Sosa Henríquez, PhD<sup>3</sup>, Kevin Armas Melián, MD<sup>2</sup>, and Claudia Balhen Martin, MD<sup>4</sup>

# 5.1.2 Resumen del artículo 1

# Título:

Prevalencia de la mala calidad ósea en pacientes candidatos a cirugía de columna: un enfoque diagnóstico integral

# **Autores**

Dr. Ricardo Díaz Romero Paz

Dr. Manuel Sosa Henríquez

Dr. Kevin Armas Melián

Dra. Claudia Balhen Martin

# Revista

Global Spine Journal JCR Q2, SCR Q1 factor de impacto: 2.68

# Diseño del estudio:

Estudio transversal con reclutamiento prospectivo

# Introducción

A medida que la población envejece, aumenta el número de pacientes en riesgo de baja densidad mineral ósea (DMO) y coincidentemente aumenta el número de cirugías de columna.

La osteoporosis es una enfermedad caracterizada por una reducción de la densidad y la calidad ósea, y por lo tanto un mayor riesgo de fractura. El criterio estándar para el diagnóstico de osteoporosis en mujeres posmenopáusicas y hombres ancianos es una puntuación T de  $\leq -2.5$  en cualquier parte ósea mediante pruebas de DMO. Adicionalmente a este criterio, el *National Bone Health Alliance* (NBHA) recomienda ampliar los criterios de diagnóstico de osteoporosis e incluir a la presencia de un riesgo elevado de fractura mediante el algoritmo de riesgo de fractura (FRAX), inclusive sin una

puntuación T menor de -2,5.

La presencia de osteoporosis se asocia a complicaciones como el aflojamiento del tornillo pedicular, la falta de consolidación, y la cifosis de la unión proximal entre otras. A pesar del gran impacto de esta enfermedad en los resultados quirúrgicos, existen datos limitados sobre la prevalencia de osteoporosis en pacientes con una artrodesis vertebral.

La resistencia ósea está determinada no solo por la masa o densidad ósea sino también por la calidad del hueso. Recientemente se ha introducido el *trabecular bone score* (TBS) como una novedosa modalidad para evaluar la calidad del hueso trabecular y está relacionada con la microarquitectura ósea y el riesgo de fractura.

Además, el TBS proporciona información independiente de la DMO y no está influenciado por cambios degenerativos de la columna lumbar. El TBS discrimina mejor la predicción de fracturas vertebrales en pacientes con osteopenia y normales.

Hasta la fecha, la mayoría de los estudios sobre la prevalencia de osteoporosis en pacientes candidatos a cirugía de columna han utilizado DXA sin evaluar la calidad ósea o han aplicado la medición de Unidades Hounsfield (UH) por TC con resultados contradictorios/heterogéneos.

# **Objetivo**

Investigar la prevalencia de mala calidad ósea en pacientes que requieren cirugía de columna a través de una evaluación clínica completa con; medición de DMO mediante DXA en combinación con el cálculo del TBS, determinación del FRAX y medición de niveles séricos de vitamina D.

# Métodos:

Estudio transversal con reclutamiento prospectivo de pacientes candidatos para cirugía de fusión de columna lumbar o cervical mayores de 50 años. Se registraron los siguientes datos; demográficos, índice de masa corporal (IMC), factores de riesgo para la osteoporosis, ingesta diaria de calcio, puntaje del FRAX, índice de discapacidad para la columna lumbar y cervical y EVA para el dolor. También se evaluaron la 25 OH vitamina D sérica, DMO usando DXA y el TBS.

# Resultados

Se reclutaron a 104 pacientes, la mediana de edad fue de  $60.9 \pm 7.61$  y el 54.8% fueron mujeres. La mediana del índice de masa corporal IMC fue de 31 kg / m2. Los principales factores de riesgo fueron el tabaquismo 35.6% y el sedentarismo 52.9%. La ingesta media diaria de calcio fue de  $834 \pm 272$  mg / día, el 9.6% de los pacientes recibió suplementación con vitamina D y el 9.6% multivitaminas. El 31.7% de los pacientes tomaba antidepresivos y el 9.6% benzodiacepinas. En cuanto a los parámetros clínicos, la medición de dolor mediante EVA fue de  $7.5 \pm 1.7$  / 10 y el índice de discapacidad de  $46.8 \pm 15.8$ . El 69.2% (72/104) de los pacientes padecía enfermedad de

columna lumbar y el 30,8% (32/104) de columna cervical.

El diagnóstico específico fue: estenosis lumbar espondilótica 56 (53,8%), espondilolistesis degenerativa 16 (15,3%), hernia de disco cervical 17 (16,3%) y estenosis cervical espondilótica con mielopatía 15 (14,4%).

Los pacientes con un FRAX  $\geq$  20% para MOF fueron 4 (3,8%), FRAX  $\geq$  3% para fractura de cadera 9 (8,7%).

En cuanto a la vitamina D sérica el valor medio fue de 24,2 ng / mL, se detectó insuficiencia de vitamina D en el 42,3% (44/104) y deficiencia en el 37,5% (39/104) de pacientes.

La osteoporosis según los criterios de la OMS por densitometría fue del 9,6% (10/104), osteopenia en el 34,6% (36/104) y valores normales en el 55,8% (58/104) de los pacientes.

Se registró un TBS compatible con microarquitectura degradada en el 12,5% (13/104) y con microarquitectura parcialmente degradada en el 47,1% (49/104) de los pacientes. Un 69,4% de los pacientes con osteopenia, tenían una microarquitectura ósea degradada o parcialmente degradada por TBS.

La combinación de TBS a la DMO para la determinación de la resistencia ósea dio como resultado un 33,7% (35/104) de pacientes con mala calidad ósea, y la adición de el FRAX reveló un 37,5% (39/104) de pacientes con mala calidad ósea.

Existió una correlación estadísticamente significativa entre la edad y la DMO del cuello femoral (r = -0.19 p = 0.05) y el TBS (r = -0.25, p = 0.01). Por otro lado, no se encontró correlación significativa entre la edad y la DMO lumbar.

En el análisis bivariado, hubo una correlación negativa estadísticamente significativa entre la EVA y la DMO L2-L4, es decir, cuanto menor era la DMO, mayor era el dolor por EVA (r = -0,25 p = 0,01), lo mismo para la puntuación T del TBS y EVA (r = -0,22 p = 0,03). No se encontró correlación estadísticamente significativa entre los niveles de vitamina D y otras variables clínicas (EVA o discapacidad) o densitométricas.

En el grupo de pacientes con osteopenia, el 58,3% tenían microarquitectura ósea parcialmente degradada y el 11,1% una microarquitectura ósea degradada.

# **Conclusiones:**

La mala calidad ósea y los niveles bajos de vitamina D son bastante comunes entre los pacientes mayores de 50 años que se someten a cirugía de columna. La DXA por sí sola parece no ser suficiente para la identificación preoperatoria de casos de deterioro de la calidad ósea. El FRAX es útil para identificar pacientes de alto riesgo y el TBS es un complemento valioso de la DXA al agregar la dimensión de la calidad ósea.



# Prevalence of Poor Bone Quality in Patients Undergoing Spine Surgery: A Comprehensive Approach

Global Spine Journal
1-8
© The Author(s) 2021
Article reuse guidelines:
sagepub.com/journals-permissions
DOI: 10.1177/2192568221989684
journals.sagepub.com/home/gsj



Ricardo Díaz-Romero Paz, MD<sup>1,2</sup>, Manuel Sosa Henríquez, PhD<sup>3</sup>, Kevin Armas Melián, MD<sup>2</sup>, and Claudia Balhen Martin, MD<sup>4</sup>

#### **Abstract**

Study Design: A cross-sectional study.

**Objectives:** To investigate the prevalence of poor bone quality in patients requiring spine surgery through comprehensive evaluation with bone mass density (BMD), trabecular bone score (TBS), FRAX, and vitamin D status.

**Methods:** we prospectively recruited patients of > 50 years old candidates for lumbar or cervical spine fusion surgery at our institution. Recorded data were: demographic, body mass index (BMI), risk factors for osteoporosis, daily calcium intake, FRAX score, disability index for lumbar and cervical spine, and VAS for pain. Serum 25 OH vitamin D, BMD using DXA, and TBS was also evaluated.

**Results:** A total of 104 patients were recruited, osteoporosis by BMD was detected in 9.6%, and osteopenia in 34.6% of patients. 69.4% of patients with osteopenia had a degraded or partially degraded bone microarchitecture by TBS.

Low levels of vitamin D were detected in 79.8% of patients. Increased pain was associated with low BMD levels. Adding TBS to BMD for the determination of bone strength resulted in 33.7% of patients with poor bone quality. Lastly, the combination of BMD, TBS, and FRAX revealed 37,5% of patients with poor bone quality.

**Conclusions:** Poor bone quality and low vitamin D levels are quite common among patients aged  $\geq 50$  years undergoing spine surgery. DXA alone seems not enough for preoperative identification of impaired bone quality cases. FRAX is useful for identifying high-risk patients and TBS is a valuable complement to DXA by adding the dimension of bone quality.

# **Keywords**

osteoporosis, spine surgery, trabecular bone score, bone mineral density, Fracture Risk Assessment Tool, FRAX

# Introduction

As the population ages, the number of patients at risk for low bone mineral density (BMD) who are also undergoing spine surgeries will increase as well.<sup>1</sup>

Osteoporosis is a disease that involves reduced bone density and quality, leading to a weakness of the skeleton and an increased risk of fracture. The standard criterion for the diagnosis of osteoporosis in postmenopausal women and older men is a T-score of  $\leq -2.5$  5 at any skeletal site by BMD testing. Additionally, the National Bone Health Alliance (NBHA) recommended to formally expand the criteria for allowing a diagnosis of osteoporosis to include the presence of an elevated fracture risk using the Fracture Risk Algorithm (FRAX), even without a T-score of -2.5 or lower.<sup>2</sup>

# Corresponding Author:

Ricardo Díaz-Romero Paz, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria ULPGC, Department of Neurosurgery of Hospital Insular of las Palmas of Spain, Plaza Doctor Pasteur, s/n, 35016, Las Palmas de Gran Canaria, Spain. Email: ricdrp@yahoo.com



Creative Commons Non Commercial No Derivs CC BY-NC-ND: This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial-NoDerivs 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) which permits non-commercial use, reproduction and distribution of the work as published without adaptation or alteration, without further permission provided the original work is attributed as specified on the SAGE and Open Access pages (https://us.sagepub.com/en-us/nam/open-access-at-sage).

 $<sup>^{\</sup>rm I}$  Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, Spain

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Department of Neurosurgery of Hospital Insular of Las Palmas, Las Palmas de Gran Canaria, Spain

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Department Bone Metabolism and Osteoporosis of Hospital Insular of Las Palmas, Las Palmas de Gran Canaria, Spain

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Department of Radiology of Hospital Perpetuo Socorro, Las Palmas de Gran Canaria, Spain

2 Global Spine Journal

The presence of osteoporosis poses great challenges to spine surgeons because of several complications related to low BMD, such as pedicle screw loosening, non-union, proximal junctional kyphosis, and adjacent segment fractures. Despite the major impact of this disease on surgical outcomes, there are limited data concerning the prevalence of osteoporosis in spine fusion patients.<sup>3</sup>

Dual-energy x-ray absorptiometry (DXA) has been the gold standard for assessing BMD. However, DXA can result in spuriously elevated BMD measurements in patients with degenerative disease, and several reports suggested that BMD evaluation alone is insufficient in determining the bone status of patients. 5,6

Bone strength is determined not only by bone mass but also by bone quality. Recently trabecular bone score (TBS) was introduced as a novel modality to assess trabecular bone quality easily and it is related to bone microarchitecture and fracture risk.<sup>6</sup>

Additionally, TBS provides information independent of BMD and is not influenced by degenerative changes of the lumbar spine.<sup>7-9</sup> Significantly TBS also discriminates better than BMD for the prediction of vertebral fractures in patients with normal BMD or osteopenia.<sup>5,6,9</sup>

To date, most of the studies for the prevalence of osteoporosis in spine surgery patients have used DXA without bone quality assessment or applied CT Hounsfield Units (HU) measurement with contradictory results. 1,3,10-12

This study aimed to investigate the prevalence of poor bone quality in patients requiring spine surgery through a complete clinical evaluation, DXA BMD in combination with TBS, FRAX calculation and vitamin D status determination.

# **Methods**

# Study Design

This is a cross-sectional, with prospective recruitment of consecutive patients waiting to undergo lumbar or cervical spine fusion surgery between January to December 2019 at our Institution.

# Patient Population

Inclusion criteria: 1) Patients > 50 years old of both sexes. 2) candidates for lumbar and cervical fusion surgery with the diagnosis of degenerative lumbar spinal stenosis, lumbar disc herniation, degenerative lumbar spondylolisthesis, cervical disc herniation, cervical spinal stenosis 3) patients that accepted to participate in the study with signed informed consent.

Exclusion criteria included: candidates for spine surgery without fusion or arthrodesis or patients with degenerative deformities or scoliosis that required more than 5 segments of fixation, prior surgery with spinal instrumentation, individuals with BMI < 15 or > 37 kg/m<sup>2</sup> since TBS is not

recommended in extreme body sizes and those who did not agree to participate in the study.

# Data Acquisition

Within a 3-month range, prior surgery patients were cited for consultation at the Bone Metabolic Unit. Each patient completed a questionnaire recording demographic data, body mass index (BMI), risk factors for osteoporosis, daily calcium intake, the calculation of the percentage of probability of major osteoporotic fracture (MOF) and hip fracture at 10 years using the FRAX corrected version by TBS.

Disability scales were obtained: Oswestry disability index (ODI) for the lumbar spine, neck disability index (NDI) for cervical spine cases and the visual analog scale (VAS) for axial back or cervical pain. A serum 25 OH vitamin D was ordered.

# Bone Mineral Density Evaluation

DXA scans (Discovery densitometers, Hologic Inc, Bedford, MA, USA) were performed at the lumbar spine (L1-4) and hips (femoral neck and total hip) of every patient. T-scores were derived using reference ranges for our population. Patients were diagnosed with osteoporosis according to the World Health Organization criterion: T-score of  $\leq$  –2.5 at any skeletal site. Also, the lowest T-score between –2.5 and –1.0 was the criterion for osteopenia, and T-score at –1.0 or above was the criterion for normal BMD.  $^{13,14}$ 

# Trabecular Bone Score Evaluation

Lumbar spine TBS was calculated at the same regions of interest used for BMD measurements using TBS iNsight software (Version 2.1, Med- Imaps, Bordeaux, France). Lumbar spine TBS was calculated as the mean value of the individual measurements for vertebrae L2–L4. Study subjects were categorized by established criteria<sup>8</sup> into 3 groups according to their TBS values: above 1.350 was considered as normal; TBS between 1.200 and 1.350 partially degraded microarchitecture; and TBS <1.200 degraded microarchitecture.

Poor bone quality was defined by the presence of either osteoporosis by densitometric criteria and/or osteopenia plus a degraded or partially degraded bone microarchitecture by TBS<sup>7,8</sup> and/or the presence of high-risk patients for MOF or hip fracture by FRAX.<sup>2</sup>

# **Ethics**

The study protocol was approved by the Ethics Committee of our Hospital before study commencement. Declaration of Helsinki was followed concerning privacy and confidentiality of patient data and all patients gave informed written consent. Paz et al 3

**Table 1.** Demographics, Risk Factors for Osteoporosis and Medications of Study Subjects.

Demographics N = 104	
Age in years	60.9 ± 7.61
Sex female (%)	57 (54.8%)
Body mass index in kg/m <sup>2</sup> (range)	31 (18.5-34)
Risk factors	
Parent fractured hip	9 (8.7%)
Current smoking	37 (35.6%)
Alcohol	8 (7.7%)
Physical activity sedentarism	55 (52.9%)
Rheumatoid arthritis	5 (4.8%)
Asthma	8 (7.7%)
Oral corticoid use*	10 (9.6%)
Antiepileptics	11 (10.6%)
Medications	
Calcium intake mg/day (IQR)	834 ± 272
Vitamin Supplementation	Vitamin D 10 (9.6%).
	Multivitamins 10 (9.6%)
Psycholeptics	Antidepressants 33 (31.7%)
	benzodiazepines 10 (9.6%)

Data are mean  $\pm$  SD or  $n \pm$  (%).

# Statistical Analysis

Descriptive statistics were performed with measures of proportion. Numerical variables were analyzed with measures of central tendency and dispersion for numerical variables.

Contrast tests were carried out to verify (in the case of the dependent numerical variables); the homogeneity of variances (Levene's test) and normal distribution (Kolmogorov-Smirnov normality tests), for the relevance of applying parametric or non-parametric tests.

Inferential statistics. For the analysis of 2 independent groups, the T-Test was used and for association between categorical variables Chi-square  $\chi^2$  test were applied

For bivariate analysis for numerical variables the Pearson Correlation test, and for the correlation of ordinal variables the Spearman's Rho test.

A significant P < 0.05, with 95% confidence intervals, is considered. The data were analyzed using IBM SPSS Statistics V23.

# **Results**

A total of 104 patients were recruited, the median age was 60.9  $\pm$  7.61 and 54.8% were women. The median BMI body mass index was 31 kg/m2. The main risk factors were current smoking in 35.6% and sedentarism with 52.9%. The mean daily calcium intake was 834  $\pm$  272 mg/day, 9.6% of patients received supplementation with vitamin D and 9.6% multivitamins. A 31.7% of the patients took antidepressants and 9.6% benzodiazepines (Table 1).

Regarding clinical parameters, the mean VAS was 7.5  $\pm$  1.7/10, and the disability index was 46.8  $\pm$  15.8. A 69.2% (72/104) of patients suffered lumbar spine and 30.8% (32/104)

Table 2. Results of Clinical Data, BMD, TBS, FRAX and Vitamin D.

Clinical N = 104	
Visual Analogue Scale	7.5 ± 1.7
Disability Index*	46.8 ± 15.8
Spine disease	Lumbar 72 (69.2%)
·	Cervical 32 (30.8%)
Densitometry and TBS	
BMD L2-L4 g/cm <sup>2</sup>	$1.095 \pm 0.186$
T-score lumbar spine	0.48 + 1.66
BMD femoral neck g/cm <sup>2</sup>	0.837 + 0.143
T-score femur neck	$-0.45 \pm (1.35)$
BMD total hip g/cm <sup>2</sup>	$1.000 \pm 0.147$
T-score total hip	$0.54 \pm 1.15$
Osteopenia (DXA)	36 (34.6%)
Osteoporosis (DXA)	10 (9.6%)
TBS L2-L4	$1.352 \pm 0.109$
TBS ≤ 1.2 degraded microarchitecture	13 (12.5%)
TBS 1.2-1.35 partially degraded	49 (47.1%)
FRAX 10-year risk of fracture (%)	, ,
FRAX MOF (range)	6.2 (0.2-52.8)
FRAX hip (range)	1.4 (0.1-49)
Bone metabolic profile	
Serum value of Vitamin D† ng/mL	24.2 ± 11.9
Vitamin D status‡	Normal 21 (20.2%)
•	Insufficiency 44 (42.3%)
	Deficiency 39 (37.5%)
	, , ,

Data are mean  $\pm$  SD or  $n \pm$  (%).

cervical spine disease (Table 2). The specific diagnosis was: spondylotic lumbar stenosis 56 (53.8%), degenerative spondylolisthesis 16 (15.3%), herniation of cervical disc 17 (16.3%), and cervical spondylotic stenosis with myelopathy 15 (14.4%). The BMD and TBS data are also summarized in (Table 2).

Patients with a FRAX of  $\geq 20\%$  for MOF was 4(3.8%), FRAX of  $\geq 3\%$  for hip fracture was 9 (8.7%).

Regarding serum vitamin D the mean value was 24.2 ng/mL, insufficiency of vitamin D was detected in 42.3% (44/104) patients and deficiency in 37.5% (39/104) (Table 2).

Osteoporosis by densitometric WHO criteria was evident in 9.6% (10/104), osteopenia in 34.6% (36/104) of the patients, and normal in 55.8% (58/104). TBS consistent with degraded microarchitecture was registered in 12.5% (13/104), and with a partially degraded microarchitecture in 47.1% (49/104) of the patients. A 69.4% of patients with osteopenia, had a degraded or partially degraded bone microarchitecture by TBS.

Adding TBS to BMD for the determination of bone strength resulted in 33.7% (35/104) patients with poor bone quality, and the combination of BMD, TBS, and FRAX for the assessment of bone health status, revealed a 37,5% (39/104) of patients with poor bone quality (Table 3). In this group bone health optimization prior to spine surgical intervention was done by the osteoporosis specialist and consisted in supplemental calcium and vitamin D and antiresorptive medication if needed.

<sup>\*</sup> if the patient is currently exposed has been exposed to oral glucocorticoids for more than 3 months at a dose of prednisone of 5mg daily or more (or equivalent doses of other glucocorticoids).

<sup>\*</sup>Oswestry disability index (ODI) for lumbar spine and neck disability index (NDI) for cervical spine cases.

Determined as 25hidroxicholecalciferol (25HCC).

<sup>‡</sup>Vitamin D deficiency < 20 ng/mL and insufficiency 20–30 ng/mL. MOF = Major osteoporotic fracture 10-year risk (%).

4 Global Spine Journal

Table 3. Bone Health Status Assessment With BMD, TBS and FRAX n = 104.

DXA total T-score*		TBS range		Bone health status	$DXA + TBS\dagger$	DXA+TBS+FRAX‡
>-1	58(55.8%)	Normal	42 (40.4%)	Normal bone quality	66.3% (69/104)	62.5% (64/104)
-1 to $-2.5$	36(34.6%)	Partially degraded§	49 (47.1%)			
$\leq -2.5$	410(9.6%)	Degraded	13 (12.5%)	Poor bone quality	33.7% (35/104)	37.5% (39/104)

<sup>\*</sup>Densitometric total result at lumbar spine or femoral neck or total hip.

<sup>&</sup>amp; Bone microarchitecture.

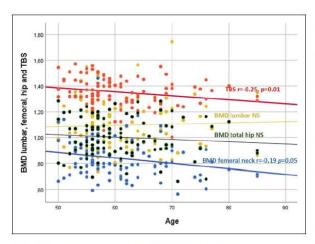
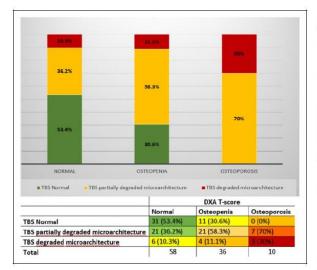


Figure 1. Correlation between BMD, TBS and age.



**Figure 2.** Frequencies for each TBS category in normal BMD, osteopenia, and osteoporosis.

The prevalence of osteoporosis and osteopenia in women was 14% (8/57) and 31.6% (18/57), and in man 4.3% (2/47) and 38,3% (18/47) respectively. Poor bone quality in female was 43.9% (25/57) and in male 29.8% (14/47), with non-

statistically significant (NSS) differences ( $\chi^2$  test, P = 0.15).

Regarding age, 74% of patients were younger than 65 years, poor bone quality in younger of 65yrs was 35.1% (27/77) and older of 65 yrs, 44.4% (12/27) with NSS difference ( $\chi^2$  test, P = 0.3)

Nevertheless, there was a statistically significant correlation between age and BMD femoral neck (r = -0.19 P = 0.05), and TBS (r = -0.25, P = 0.01). In the other hand, NSS correlation was found between age and lumbar and hip BMD (Figure 1).

Considering the diagnosis, in patients with lumbar spine disease, 13.9% (10/72) have osteoporosis, 33.3% (24/72) osteopenia, and 40.3% (29/72) poor bone quality. In patients with cervical spine disease, there were no cases of osteoporosis, 37.5% (12/32) had osteopenia, and 31.3% (10/32) poor bone quality. Differences between lumbar and cervical groups didn't reach statically significant difference ( $\chi^2$  test, for DXA P=0.08, and poor bone quality P=0.3).

In the bivariate analysis, there was a statistically significant negative correlation between the VAS and BMD L2-L4, namely the lower the BMD the higher was the pain by VAS (r = -0.25 P = 0.01), the same was for TBS T-score and VAS (r = -0.22 P = 0.03). Non-significant correlation between vitamin D levels and other clinical (VAS o disability) or densitometric variables was founded.

Distribution of the TBS categories in DXA is summarized in Figure 2. In the group with osteopenia 58.3% of patients had partially degraded bone microarchitecture and 11.1% a degraded bone microarchitecture. An illustrative case of this integral approach is presented in Figure 3.

# Discussion

Very few data exist for the prevalence of osteoporosis or poor bone quality in spine fusion patients, as a result, many spine surgeons lack awareness of preoperative screening and treatment for osteoporosis. 1,15,16 This study assesses both the quantitative and qualitative of bone status, in patients over the age of 50 years requiring spine surgery. Through the combination of DXA, TBS, FRAX we were able to detect 37.5% of patients with poor bone quality. Therefore, authors propose an expanded definition for osteoporosis that not only included BMD DXA but a comprehensive evaluation to identify patients with potential poor bone health who could be considered for preoperative optimization.

Defined by the combination of DXA, TBS range.

Defined by the combination of DXA, TBS range and FRAX risk.

Paz et al 5

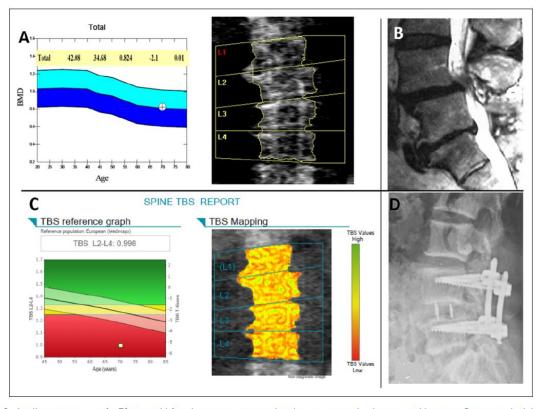


Figure 3. An illustrative case of a 70-year-old female patient presented with neurogenic claudication and leg pain, Oswestry disability index (ODI) of 58 and VAS 9/10. A, Lumbar spine DXA, BMD was 0.824 g/cm<sup>2</sup> with a T-score of -2.1 (osteopenia), but was may be invalid due to degenerative changes at L4-5 and L3-4. B, Sagittal T2 MRI of lumbar spine shows degenerative lumbar stenosis and spondylolisthesis at L4-5. C, TBS L2-L4 reveal a degraded microarchitecture of the patient's lumbar spine. The serum value of vitamin D was deficient (16.1 ng/mL), and FRAX score for MOC was 5.3%. A diagnosis of poor bone quality was made, consequently, calcium/vitamin D and antiresorptive treatment were administered for 6 weeks before surgery by an osteoporosis specialist. Given the segmental instability and the poor bone quality of the patient, a technique for minimizing the pseudarthrosis rate was included by the addition of an interbody fusion technique. D, Postoperative lateral lumbar spine radiograph demonstrating pedicle screw and lumbar interbody fusion at L4-5 with posterior decompression.

Osteoporosis is a multifactorial disease that is often difficult to diagnose accurately. More diagnostic tools (FRAX, TBS) have been developed which, used judiciously, with BMD, can substantially improve the detection of poor bone quality patients.<sup>7</sup>

To facilitate the combination of clinical and radiological data, the FRAX was developed, this tool calculates the probability of major fractures for a given person over 10 years. Additionally, NBHA made the recommendation to formally expand the criteria for diagnosing osteoporosis for individuals who have an elevated fracture risk based on FRAX.

The prevalence of osteoporosis in spine patients previously reported, depends on age and sex and it range from 10% to 40% <sup>1,3,10,11,12,18,19</sup> see Table 4, Most of them applied DXA BMD or CT HU measurements, and there is only one study that combined BMD and TBS for bone status assessment in only 28 patients. <sup>19</sup>

Several reports suggested that BMD evaluation by DXA alone is insufficient for determining osteoporosis as it can result in a high incidence of false negatives cases, and therefore a missed opportunity to optimize patients for surgery. <sup>5,6</sup>

Some imaging techniques have been developed to assess bone microarchitecture such as high-resolution CT and peripheral QCT, and MRI.<sup>5,20</sup> However, their applicability in the routine clinical practice is still limited because, costs, radiation exposure, and availability.<sup>21</sup> Despite the opportunistic utility of lumbar spine CT HU measurements in identifying osteoporosis, some reports did not find to be an effective screening tool for identifying low BMD.<sup>4,21</sup>

Trabecular bone score (TBS) is a novel technique to assess trabecular bone quality easily, based on a bone texture analysis derived from the lumbar spine DXA image. It is related to bone microarchitecture and fracture risk independent of BMD, 8,22 and discriminates better than lumbar spine BMD for prediction of vertebral fractures in patients with normal BMD or

Table 4. Studies Investigating the Prevalence of Osteoporosis in Spine Fusion Surgery

-Female osteoporosis of 44.1%. and -Inadequate vitamin D levels 73.6% Inadequate vitamin D levels 79.8% Male osteoporosis of 12.5% and osteoporosis 19.5% and with CT HU values consistent with Prevalence of osteoporosis -Fragile bone strength 27% -TBS <1.2 50% of patients -Poor bone quality 37.5% -Osteoporosis DXA 9.6%. -Osteopenia DXA 34.6% Poor bone quality 29% osteopenia of 45.9% -Osteoporosis 27.1%, -Osteoporosis 10.0% -Osteoporosis 39.7%. -Osteoporosis 14.3% osteopenia 29.7% Osteoporosis 14% -Osteopenia 58.6% -Osteopenia 42.9% -Osteopenia 43.8% - TBS <1.2 12.5% -Normal 31.4% -Female 48.9% -Male 27.1%, 140 Consecutive patients >18 years who underwent BMD measured by DXA WHO criterion for spine and/or hip BMD measured by DXA WHO criterion of both lumbar and BMD measured by DXA WHO criterion and HR-pQCT in patients with T-score below -1.5 or vertebral fractures -Poor bone quality (either osteoporosis or fragile bone BMD measured by DXA WHO criterion and CT HU BMD measured by DXA WHO criterion and TBS -Fragile bone strength by a finite element analysis -Trabecular BMD by CT-based measurement 104 patients  $\geq$  50 years candidates for spine surgery -BMD measured by DXA WHO criterion 676 patients ≥ 50 years candidates for spine surgery,BMD measured by DXA WHO criterion -FRAX for risk fracture -Poor bone quality (DXA, TBS, FRAX) within I year of surgery -TBS for bone quality Diagnosis method measurement strength) hip 98 women with age from 50 years to 70 years for surgery of the lumbar spine with osteosynthesis 28 patients over 50 years old prior to corrective 479 patients aged ≥50 years undergoing lumbar Cross-sectional with prospective recruitment 128 patients ≥ 50 years undergoing TLIF fusion for lumbar degenerative disease  $144 \geq 50$  years requiring spinal surgery excluding vertebroplasty. posterior thoracolumbar (cervical and lumbar) spinal fusion surgery. or lumbar spinal fusion Patients selection Retrospective Retrospective Retrospective Retrospective Retrospective Retrospective Retrospective (Germany) (France) (China) (N.S) (S:O) (S:O) Schmidt et al. 2018<sup>12</sup> Wagner et al. 2016 Bjerke et al. 2018<sup>18</sup> Banse et al. 2019<sup>19</sup> Chin et al. 2007<sup>10</sup> Present study 2020 Burch et al. 2016<sup>3</sup> Zou et al. 2019<sup>11</sup> Author/year

BMD: bone mineral density DXA: dual energy x-ray absorptiometry HR-pQCT: high-resolution peripheral quantitative computed tomography HU: Hounsfield units FRAX: Fracture Risk Algorithm TBS: trabecular bone score.

Paz et al 7

osteopenia. Finally, conversely to lumbar spine BMD, TBS appears to be relatively unaffected by the presence of osteoar-thritic changes. 6,20.22

This study showed a relatively low prevalence of densitometric osteoporosis (9.6%). This is partially explained by the lower mean age of this cohort of patients compare to other series and the exclusion of degenerative deformity cases, as it has been shown that this last group have a higher prevalence of osteoporosis. 11.23

On the other hand, 34.6% of the patients had osteopenia, TBS was able to discriminate patients with impaired bone quality in this group. Specifically, 69.4% of patients with osteopenia have a degraded or partially degraded microarchitecture.

The combination DXA with TBS allowed to detect 33.7% of patients with poor bone quality, and by adding FRAX in the diagnosis, the overall prevalence of patients with poor bone quality was 37.5%. Thus, we were able to identify additional patients who may be at risk of osteoporosis related complications.

Although we found a significant correlation between femoral neck BMD with TBS, and age, this quantification was not the same, for lumbar DXA BMD levels. As shown by other studies, this discrepancy confirm that degenerative spinal diseases are associated with spurious increased lumbar spine BMD measurements thereby limiting their utility in this region of interest. 4,20

Significantly 80% of patients in this report had decreased vitamin D levels and of these 37.5% had deficiency, not surprising since it is estimated that between 40 and 90% of a spine surgery patients suffer from decreased serum levels of vitamin D, which could influence both clinical and radiological results.<sup>24,25</sup>

Several reports highlight an incomplete preoperative bone status workup in patients undergoing spine fusion surgery. Wagner et al. found that in patients in whom osteoporosis was retrospectively diagnosed at the time of surgery, 64% had not undergone any preoperative evaluation or workup. Schmidt et al. showed a deficient in postoperative medical management of patients underlying low BMD resulting in high prevalence of untreated osteoporosis ranging from 30 to 70%.

Clinical interest in poor vertebral bone quality for spine fusion patients is driven by the need to optimize patient selection and surgical approaches to avoid complications, thus it is imperative to carry out more sensitive and specific preoperative tests

Regarding treatment, there are some proposal of treatment based on DXA and TBS information (e.g. Delphi ranking), patients with osteopenia and degraded microarchitecture should be considered for anti-resorptive medication and calcium, vitamin D if needed and in patients with osteoporosis, added to the above, anabolic treatment can be considered.

In recent decades considerable advances have been made on the treatment of OP, several clinical trials have investigated the impact of pharmacological treatment on bone fusion in spinal surgery with alendronate, <sup>26</sup> zoledronic acid, <sup>27</sup> and teriparatide. <sup>28</sup> Most of them showed increase in bone fusion rates and a reduced risk of screw loosening. Although there is no clear consensus, some authors recommended that antiresorptive treatment should be started at least 4–6 weeks before surgery and continued in the postoperative period under specialized supervision.<sup>29</sup>

In our study, preoperative bone health optimization was supervised by osteoporosis specialist and consisted mainly in supplemental calcium, vitamin D and antiresorptive medication.

Beside medical management, tailoring of the surgical technique should be considered by spine surgeons, there are several options to mitigate the risk of bone-related failure for fusion patients, some include using specialized pedicle screws, augmenting with PMMA, extending the number of instrumented levels or combining anterior and posterior approaches.

One of the 1 limitations of this study was the need to exclude patients with extreme BMI values and cases of significant scoliosis. <sup>11</sup> Consequently, a relatively limited number of patients could be recruited. Additionally, our results do not represent the population of patients with degenerative deformity or scoliosis candidates for long-segment instrumentation, which may benefit the most from the preoperative determination of poor bone health.

The positive side is the prospective condition of this investigation which enable us a better control of variables and to monitor the impact of the diagnosis and optimization of the patients with poor bone health who underwent spine surgery.

Further potential research should analyze if systematic application of bone health assessment and optimization to elective spine surgery populations resulted in better outcomes and less complications.

# **Conclusion**

Poor bone quality and low vitamin D levels are quite common among patients aged ≥50 years undergoing spine surgery. DXA alone seems not enough for preoperative identification of impaired bone quality cases. TBS is a valuable complement to DXA by adding the dimension of bone quality and increasing the detection of poor bone quality, especially in patients with osteopenia. A comprehensive bone health assessment is recommended in patients requiring spinal fusion surgery.

# Acknowledgments

The authors are indebted with Nestor Rocha Sánchez for his work in the Bone Metabolic Unit and to Georg Norén, MD, PhD, and David Shea for their review of this manuscript.

# **Authors' Note**

Informed consent was obtained from all individual participants included in the study. This study was performed in line with the principles of the Declaration of Helsinki. Approval was granted by the Ethics Committee of University Hospital las Palmas Gran Canaria (08/15/2018, No CEIm-CHUIMI-2017/929).

# **Declaration of Conflicting Interests**

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

Global Spine Journal

#### Funding

The author(s) received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

#### **ORCID iD**

Ricardo Díaz-Romero Paz, MD, PhD https://orcid.org/0000-0003-1545-0883

# References

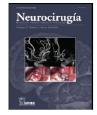
- Wagner S, Kang DG, Steelman T, Helgeson MD, Lehman RA. Diagnosing the undiagnosed: osteoporosis in patients undergoing lumbar fusion. Spine J. 2016;16(10):S301.
- Siris ES, Adler R, Bilezikian J, et al. The clinical diagnosis of osteoporosis: a position statement from the National Bone Health Alliance Working Group. Osteoporos Int. 2014;25(5):1439-1443.
- Burch S, Feldstein M, Hoffmann PF, Keaveny TM. Prevalence of poor bone quality in women undergoing spinal fusion using biomechanical-CT analysis. Spine. 2016;41(3):246-252.
- Zaidi Q, Danisa OA, Cheng W. Measurement techniques and utility of Hounsfield unit values for assessment of bone quality prior to spinal instrumentation: a review of current literature. Spine. 2019;44(4): E239-E244.
- Lee JE, Kim KM, Kim LK, et al. Comparisons of TBS and lumbar spine BMD in the associations with vertebral fractures according to the T-scores: a cross-sectional observation. *Bone*. 2017;105: 269-275.
- Martineau P, Leslie WD, Johansson H, et al. In which patients does lumbar spine trabecular bone score (TBS) have the largest effect? *Bone*. 2018;113:161-168.
- Cormier C, Lamy O, Poriau S. TBS in routine clinical practice: proposals of use. Medimaps Group, 2012. http://www.medimapsgroup.com/upload/MEDIMAPS-UK-WEB.pdf.
- Silva BC, Bilezikian JP. Trabecular bone score: perspectives of an imaging technology coming of age. Arq Bras Endocrinol Metabol. 2014;58(5):493-503.
- Martineau P, Leslie WD. The utility and limitations of using trabecular bone score with FRAX. Curr Opin Rheumatol. 2018; 30(4):412-419.
- Chin DK, Park JY, Yoon YS, et al. Prevalence of osteoporosis in patients requiring spine surgery: incidence and significance of osteoporosis in spine disease. *Osteoporos Intl*. 2007;18(9): 1219-1224.
- Zou D, Jiang S, Zhou S, et al. Prevalence of osteoporosis in patients undergoing lumbar fusion for lumbar degenerative diseases: a combination of DXA and Hounsfield units. Spine. 2020; 45(7):E406-E410.
- Schmidt T, Ebert K, Rolvien T, et al. A retrospective analysis of bone mineral status in patients requiring spinal surgery. BMC Musculoskelet Disord. 2018;19(1):53.
- Sosa M, Hernandez D, Estevez S, et al. The range of bone mineral density in healthy Canarian women by dual X-ray absorptiometry radiography and quantitative computer tomography. *J Clin Den*sitom. 1998;1(4):385-393.
- World Health Organization. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: report of a WHO study group [meeting held in Rome June 22-25, 1992].

- World Health Organization 1994. https://apps.who.int/iris/handle/10665/39142
- Díaz-Romero R, Sosa MH, Armas KM, Coloma GV. Trends and attitudes of spine surgeons regarding osteoporosis. *Neurocirugia* (Asturias, Spain). 2019;30(6):268-277.
- Dipaola CP, Bible JE, Biswas D, Dipaola M, Grauer JN, Rechtine GR. Survey of spine surgeons on attitudes regarding osteoporosis and osteomalacia screening and treatment for fractures, fusion surgery, and pseudoarthrosis. Spine J. 2009;9(7): 537-544
- Kanis JA, Oden A, Johansson H, Borgström F, Ström O, McCloskey E. FRAX<sup>®</sup> and its applications to clinical practice. *Bone*. 2009;44(5):734-743.
- Bjerke BT, Zarrabian M, Aleem IS, et al. Incidence of osteoporosis-related complications following posterior lumbar fusion. *Global Spine J.* 2018;8(6):563-569.
- Banse C, Ould-Slimane M, Foulongne E, et al. Impact of assessment of bone status before corrective surgery of lumbar spine in patients over 50 years old. *Open Access Rheumatol.* 2019;11: 111-115.
- Oei L, Koromani F, Rivadeneira F, Zillikens MC, Oei EH. Quantitative imaging methods in osteoporosis. *Quant Imaging Med Surg.* 2016;6(6):680-698.
- Kohan EM, Nemani VM, Hershman S, Kang DG, Kelly MP. Lumbar computed tomography scans are not appropriate surrogates for bone mineral density scans in primary adult spinal deformity. *Neurosurg Focus*. 2017;43(6):E4.
- Harvey NC, Glüer CC, Binkley N, et al. Trabecular bone score (TBS) as a new complementary approach for osteoporosis evaluation in clinical practice. *Bone*. 2015;78:216-224.
- Urrutia J, Diaz-Ledezma C, Espinosa J, Berven SH. Lumbar scoliosis in postmenopausal women: prevalence and relationship with bone density, age, and body mass index. Spine. 2011; 36(9):737-740.
- Ravindra VM, Godzik J, Guan J, et al. Prevalence of vitamin D deficiency in patients undergoing elective spine surgery: a crosssectional analysis. World Neurosurg. 2015;83(6):1114-1119.
- Stoker GE, Buchowski JM, Bridwell KH, Lenke LG, Riew KD, Zebala LP. Preoperative vitamin D status of adults undergoing surgical spinal fusion. Spine. 2013;38(6):507-515.
- Nagahama K, Kanayama M, Togawa D, Hashimoto T, Minami A. Does alendronate disturb the healing process of posterior lumbar interbody fusion? A prospective randomized trial. *J Neurosurg Spine*. 2011;14(4):500-507.
- Chen F, Dai Z, Kang Y, Lv G, Keller ET, Jiang Y. Effects of zoledronic acid on bone fusion in osteoporotic patients after lumbar fusion. *Osteoporos Int.* 2016;27(4):1469-1476.
- Ohtori S, Inoue G, Orita S, et al. Comparison of teriparatide and bisphosphonate treatment to reduce pedicle screw loosening after lumbar spinal fusion surgery in postmenopausal women with osteoporosis from a bone quality perspective. Spine. 2013; 38(8), E487-E492.
- Lehman RA Jr, Kang DG, Wagner SC. Management of osteoporosis in spine surgery. J Am Acad Orthop Surg. 2015;23(4): 253-263.

NEUROCIRUGIA. 2019;30(6):268-277



# **NEUROCIRUGÍA**



www.elsevier.es/neurocirugia

# Investigación clínica

# Tendencias de actuación de los cirujanos de columna respecto a la osteoporosis



Ricardo Díaz-Romero Paz<sup>a,\*</sup>, Manuel Sosa Henríquez<sup>b</sup>, Kevin Armas Melián<sup>a</sup> y Gustavo Coloma Valverde<sup>a</sup>

# Resumen del artículo 2

# Título

Tendencias de actuación de los cirujanos de columna respecto a la osteoporosis

# Autores

Dr. Ricardo Díaz Romero Paz

Dr. Manuel Sosa Henríquez

Dr. Kevin Armas Melián

Dr. Gustavo Coloma Valverde

# Revista

Neurocirugía JCR Q4 factor de impacto: 0.59

# Introducción

Con cada vez mayor frecuencia neurocirujanos y otros especialistas nos vemos afrontados al tratamiento de pacientes con osteoporosis que requieren una cirugía de fusión de columna.

Pese a existir tratamientos farmacológicos efectivos e innovaciones en las técnicas quirúrgicas que pueden beneficiar a estos pacientes, se han reportado tasas bajas de diagnóstico y tratamiento preoperatorio de osteoporosis, además de una escasa participación de los cirujanos de columna en este ámbito.

# **Objetivo**

El objetivo de este estudio fue evaluar las tendencias en el diagnóstico y tratamiento respecto a la osteoporosis en los cirujanos de raquis de la comunidad neuroquirúrgica

<sup>&</sup>lt;sup>a</sup> Servicio de Neurocirugía, Complejo Hospitalario Universitario Insular-Materno Infantil de Las Palmas, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, España

<sup>&</sup>lt;sup>b</sup> Unidad Metabolismo Mineral y Osteoporosis, Complejo Hospitalario Universitario Insular-Materno Infantil de Las Palmas, Las Palmas de Gran Canaria, España

# Métodos

Se realizó una encuesta electrónica con 10 preguntas de opción múltiple a los miembros de la Sociedad Española de Neurocirugía (SENEC). Se valoraron: 1) papel del cirujano de columna frente a la osteoporosis en la artrodesis de raquis, 2) la influencia de osteoporosis en la pseudoartrosis y 3) tendencias de tratamiento respecto a las fracturas vertebrales osteoporóticas.

# Resultados

Obtuvimos un total de 77 cuestionarios respondidos. En los pacientes con sospecha de osteoporosis, un 32,5% de los encuestados no se plantea ninguna medida para diagnosticarla antes de una artrodesis vertebral. En osteoporóticos sin tratamiento, un 37,7% procedería con la cirugía sin tratamiento o lo haría después de la cirugía. El 48% de los respondedores optaría por modificar su estrategia quirúrgica en los pacientes con osteoporosis. La técnica quirúrgica preferida fue la colocación de tornillos cementados (70%). En la pseudoartrosis, el 46,1% no considera necesario el diagnóstico de osteoporosis para una reintervención. En las fracturas vertebrales osteoporóticas, el 80,5% de los cirujanos se plantea alguna medida que facilitara el tratamiento de la osteoporosis

# **Conclusiones**

Una mayor participación del cirujano de columna mejoraría el diagnóstico y tratamiento preoperatorio de la osteoporosis en las cirugías de artrodesis vertebral y pseudoartrosis. En las fracturas vertebrales existe una mejor concienciación para optimizar el tratamiento y el seguimiento de la osteoporosis.



# **NEUROCIRUGÍA**



www.elsevier.es/neurocirugia

# Investigación clínica

# Tendencias de actuación de los cirujanos de columna respecto a la osteoporosis



Ricardo Díaz-Romero Paz<sup>a,\*</sup>, Manuel Sosa Henríquez<sup>b</sup>, Kevin Armas Melián<sup>a</sup> y Gustavo Coloma Valverde<sup>a</sup>

- <sup>a</sup> Servicio de Neurocirugía, Complejo Hospitalario Universitario Insular-Materno Infantil de Las Palmas, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, España
- <sup>b</sup> Unidad Metabolismo Mineral y Osteoporosis, Complejo Hospitalario Universitario Insular-Materno Infantil de Las Palmas, Las Palmas de Gran Canaria, España

#### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo: Recibido el 22 de noviembre de 2018 Aceptado el 17 de abril de 2019 On-line el 4 de junio de 2019

Palabras clave:
Osteoporosis
Artrodesis
Columna vertebral
Seudoartrosis
Fractura
Vertebral

#### RESUMEN

Antecedentes y objetivos: Con cada vez mayor frecuencia neurocirujanos y otros especialistas nos vemos afrontados al tratamiento de pacientes con osteoporosis que requieren una cirugía de fusión de columna.

Pese a existir tratamientos farmacológicos efectivos e innovaciones en las técnicas quirúrgicas que pueden beneficiar a estos pacientes, se han reportado tasas bajas de diagnóstico y tratamiento preoperatorio de osteoporosis, además de una escasa participación de los cirujanos de columna en este ámbito.

El objetivo de este estudio fue evaluar las tendencias en el diagnóstico y tratamiento respecto a la osteoporosis en los cirujanos de raquis de la comunidad neuroquirúrgica. Material y métodos: Se realizó una encuesta electrónica con 10 preguntas de opción múltiple a los miembros de la Sociedad Española de Neurocirugía (SENEC). Se valoraron: 1) papel del cirujano de columna frente a la osteoporosis en la artrodesis de raquis, 2) la influencia de osteoporosis en la seudoartrosis y 3) tendencias de tratamiento respecto a las fracturas vertebrales osteoporóticas.

Resultados: Obtuvimos un total de 77 cuestionarios respondidos. En los pacientes con sospecha de osteoporosis, un 32,5% de los encuestados no se plantea ninguna medida para diagnosticarla antes de una artrodesis vertebral. En osteoporóticos sin tratamiento, un 37,7% procedería con la cirugía sin tratamiento o lo haría después de la cirugía. El 48% de los respondedores optaría por modificar su estrategia quirúrgica en los pacientes con osteoporosis. La técnica quirúrgica preferida fue la colocación de tornillos cementados (70%). En la seudoartrosis, el 46,1% no considera necesario el diagnóstico de osteoporosis para una reintervención. En las fracturas vertebrales osteoporóticas, el 80,5% de los cirujanos se plantea alguna medida que facilitara el tratamiento de la osteoporosis.

Correo electrónico: ricdrp@yahoo.com (R. Díaz-Romero Paz).

https://doi.org/10.1016/j.neucir.2019.04.004

1130-1473/© 2019 Sociedad Española de Neurocirugía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

<sup>\*</sup> Autor para correspondencia.

Conclusiones: Una mayor participación del cirujano de columna mejoraría el diagnóstico y tratamiento preoperatorio de la osteoporosis en las cirugías de artrodesis vertebral y seudoartrosis. En las fracturas vertebrales existe una mejor concienciación para optimizar el tratamiento y el seguimiento de la osteoporosis.

© 2019 Sociedad Española de Neurocirugía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

# Trends and attitudes of spine surgeons regarding osteoporosis

#### ABSTRACT

Keywords:
Osteoporosis
Arthrodesis
Spine
Pseudarthrosis
Fracture
Vertebral

Background and objectives: Neurosurgeons and other specialists are increasingly having to treat patients with osteoporosis who require spinal fusion surgery.

Although there are effective pharmacological treatments and innovations in surgical techniques that can benefit these patients, low rates of diagnosis and preoperative treatment of osteoporosis have been reported, in addition to the limited participation of spine surgeons in this area.

The objective of this study was to evaluate trends in diagnosis and treatment of osteoporosis with regard to spine surgeons of the neurosurgical community.

Material and methods: An electronic survey with 10 multiple-choice questions was issued to Spanish Neurosurgery Society (SENEC) members. The following were evaluated: 1) the surgeon's role regarding osteoporosis in spinal arthrodesis, 2) the influence of osteoporosis in pseudarthrosis, and 3) treatment trends in relation to osteoporotic vertebral fractures. Results: A total of 77 completed questionnaires were obtained. In patients with suspected osteoporosis, 32.5% of respondents did not consider any measure to diagnose it before spinal arthrodesis. In osteoporosis without treatment, 37.7% would proceed with surgery without treatment or would do so after surgery. A total of 48% of respondents would choose to modify their surgical strategy in patients with osteoporosis. The preferred surgical technique was the placement of augmentation screws (70%). In pseudarthrosis, 46.1% did not consider an osteoporosis diagnosis to be necessary for a reoperation. In osteoporotic vertebral fractures, 80.5% of surgeons considered some measure that would facilitate the treatment of osteoporosis.

Conclusions: Greater participation of the spine surgeon could improve the diagnosis and preoperative treatment of osteoporosis in spinal arthrodesis surgery and pseudarthrosis. In vertebral fractures, there is greater awareness of the optimisation of treatment and monitoring of osteoporosis.

© 2019 Sociedad Española de Neurocirugía. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

# Introducción

El aumento progresivo de la esperanza de vida de la población a nivel mundial y nacional ha propiciado un incremento significativo de los pacientes que adolecen de una alguna enfermedad raquis, ya sea degenerativa o por deformidad. Consecuentemente, las cirugías de artrodesis de la columna vertebral son cada vez más frecuentes y necesarias¹.

En España, aproximadamente 2 millones de mujeres padecen osteoporosis (OP) según los criterios densitométricos propuestos por la Organización Mundial de la Salud. La prevalencia de OP en mujeres a partir de los 50 años es de un  $26\%^2$  y llega a ser de un 44% en mujeres operadas de alguna enfermedad degenerativa de raquis (Chin et al.)<sup>3</sup>.

En los pacientes operados de una artrodesis de columna, la disminución de la densidad mineral ósea (DMO) influye tanto

en el resultado clínico como en el radiológico. La OP condiciona una deficiente fusión ósea, una reducción de la fuerza de *pullout* de los tornillos pediculares, un incremento de la hundimiento del material protésico y es factor de riesgo de seudoartrosis<sup>1,4</sup>.

Pese a existir tratamientos farmacológicos efectivos e innovaciones en las técnicas quirúrgicas para la OP, hay estudios que han puesto de manifiesto la inadecuada valoración preoperatoria y la escasa participación de los cirujanos de columna respecto a este tipo de pacientes<sup>5</sup>. De forma similar, se han reportado unas bajas tasas de referencia al especialista en OP tras una fractura vertebral por compresión (FVC)<sup>6,7</sup>.

Si bien se han estudiado tendencias de actuación de los cirujanos de columna respecto a la OP, principalmente en Norteamérica<sup>5</sup>, no se han incluido las estrategias quirúrgicas

específicas más utilizadas en cirugía de raquis, ni tampoco se han valorado estos patrones de actuación en nuestro medio.

El objetivo de este estudio fue el de evaluar los patrones y las tendencias en el diagnóstico y tratamiento de los cirujanos de columna en España respecto a la OP, así como investigar sobre el uso de las técnicas quirúrgicas de raquis más utilizadas en osteoporóticos.

# Material y métodos

Estudio tipo encuesta mediante un cuestionario de 10 preguntas autocontestadas dirigido a los especialistas miembros socios de la Sociedad Española de Neurocirugía (SENEC).

### Contenido y partes del cuestionario

Se recabaron preguntas sobre la especialidad (1), y el centro de trabajo (2). A continuación, el cuestionario se dividió en 3 partes (tablas 1 y 2):

 Papel del cirujano de columna frente a la OP en la artrodesis de raquis (4 preguntas): evaluó las tendencias y el papel del neurocirujano en cuanto al abordaje diagnóstico en los pacientes con sospecha de OP y de la OP sin

- tratamiento. También se valoraron las modificaciones en la estrategia quirúrgica y las técnicas específicas de cirugía más utilizadas en los pacientes con OP.
- Percepción de la influencia de la OP en el desarrollo de seudoartrosis (2 preguntas): abordó la percepción y opinión del cirujano sobre la influencia que se atribuye a la OP para el desarrollo de seudoartrosis.
- Valoración de las tendencias de tratamiento y patrones de referencia de los cirujanos respecto a las FVC osteoporóticas (2 preguntas).

# Diseño de preguntas

Se redactaron las preguntas evitando redundancias, incorrecciones y ambigüedad en el texto. Las respuestas fueron de opción múltiple, con la posibilidad de comentarios adicionales para evitar vacíos de información.

#### Administración del cuestionario

Las preguntas del cuestionario fueron integradas a la plataforma de encuestas online Survey Monkey y enviadas con un mensaje de correo electrónico a los miembros socios de la SENEC, a través de la Secretaría Técnica. Se mandaron un total de 3 correos: una invitación a participar de la encuesta y 2 recordatorios.

Tabla 1 – Rol del cirujano de columna frente a la OP en la artrodesis de raquis		
P1;En los pacientes con SOSPECHA de osteoporosis que se van a someter a artrodesis de columna ;Qué conduct	a siaue?	
Solicito densitometría ósea de rutina	20,8%	16
Solicito un perfil metabólico de rutina (vitamina D, hormona paratiroidea, calcio)	2,6%	2
Solicito ambas pruebas	7,8%	6
Refiero al especialista para diagnóstico y tratamiento de la osteoporosis previamente a la cirugía	32,5%	25
Procedo con la cirugía de forma habitual	32,5%	25
Otra (especifique)	3,9%	3
Total		77
P2. En los pacientes con osteoporosis sin tratamiento que se van a tratar con artrodesis de columna, ¿qué conduc	cta sique habi	itualmente?
Procedo con la cirugía de forma habitual	11,7%	9
Procedo con cirugía y luego refiero al paciente para tratamiento de la osteoporosis	26,0%	20
Refiero al especialista para el tratamiento de osteoporosis previamente a la cirugía	33,8%	26
Inicio tratamiento para la osteoporosis y luego procedo con la cirugía	15,6%	12
Opto por tratamiento conservador	2,6%	2
Otra (especifique):	10,4%	8
Total		77
P3. En pacientes con osteoporosis con tratamiento que se van a tratar con artrodesis de columna, ¿qué conducta	sique habitud	almente?
Modificaría mi planificación y estrategia quirúrgica	48,7%	37
Procedo con la cirugía de forma habitual	47,4%	36
Otra (especifique)	3,9%	3
Total		76
P4. Desde el punto de vista quirúrgico, ¿qué estrategia utiliza para mejorar los resultados quirúrgicos en los pac	ientes con ost	teoporosis que se
intervienen de ciruqía de columna? (puede seleccionar 1 o más opciones)		
Montajes largos de instrumentación ampliando los puntos de fijación	29,9%	23
Tornillos canulados cementados	70,1%	54
Tornillos expansibles	19,5%	15
Modificación de la técnica: tornillos pediculares con fijación bicortical, minimizar el terrajado	31,2%	24
En general, no modifico mi estrategia quirúrgica	9,1%	7
Otra (especifique):	5,2%	4
Total		77
Les progrates (D) tel some es envieren en el questionerie		
Las preguntas (P), tal como se enviaron en el cuestionario.		

# Proceso de recogida de datos

Las respuestas se fueron recabando a través de Survey Monkey y luego se transfirieron a una base de datos los datos (hoja electrónica Excel).

El presente estudio contó con la autorización del Comité de Ética de la Investigación con Medicamentos del nuestro hospital y de la Junta Directiva de la SENEC.

# Resultados

De 480 de encuestas enviadas, obtuvimos un total de 77 cuestionarios respondidos, con la participación de especialistas en los distintos hospitales del territorio español que se resumen en la figura 1.

# Papel del cirujano de columna frente a la osteoporosis en la artrodesis de raquis

P1. En cuanto a los patrones de actuación de los especialistas en pacientes con sospecha de OP, las actuaciones más frecuentes fueron referir al especialista para diagnóstico y tratamiento de la OP antes de la cirugía en un 32,5%; otro tercio se planteó realizar la cirugía de forma habitual sin consultas ni estudios adicionales (Fig. 2).

P2. En referencia a los pacientes con OP sin tratamiento programados para una artrodesis de columna, un 33,8% contestó que refería al especialista en OP previamente a la cirugía, un 26% después de la intervención y un 11,7% que procedía con la cirugía de forma habitual.

P3. En los pacientes con OP con tratamiento, la tendencia en casi la mitad de los encuestados (48,7%) fue la de modificar la estrategia quirúrgica y en otro 47,4% de operar de forma habitual sin modificaciones.

P4. Las alternativas en cuanto a las técnicas quirúrgicas que se utilizan con mayor frecuencia para los pacientes con OP (una o más opciones) fueron: tornillos cementados (70,1%), modificación de la técnica quirúrgica (ejemplo: tornillos bicorticales, minimizar el terrajado) en un 31,2% y los montajes largos (29,9%) (Fig. 3).

# Percepción de la influencia de la osteoporosis en el desarrollo de seudoartrosis

P5. En la situación de los pacientes que desarrollan seudoartrosis, el 46,1% no considera realizar estudios adicionales para el diagnóstico de OP, aun en el caso de planear una reintervención. Un 27,6% refiere al especialista en OP para su diagnóstico y optimización del tratamiento (Fig. 4).

5.En los pacientes que desarrollan seudoartrosis tras una cirugía de columna vertebral, ¿qué conducta sigue?		
Solicito densitometría ósea de rutina	5,3%	4
Solicito un perfil metabólico de rutina (vitamina D, hormona paratiroidea, calcio)	5,3%	4
Solicito ambas pruebas	3,9%	3
Refiero al especialista para diagnóstico y, en su caso, para tratamiento de la osteoporosis	27,6%	21
Cuando está indicada la reintervención, procedo con la cirugía sin estudios adicionales	46,1%	35
Otra (especifique)	11,8%	9
Total		76
5. ¿Qué influencia considera que tiene la osteoporosis en el desarrollo de seudoartrosis?		
Muy poca	13,0%	10
Algo	23,4%	18
Bastante	35,1%	27
Mucha	26,0%	20
Otra (especifique)	2,6%	2
Total		77
7. En los pacientes que desarrollan una fractura vertebral por compresión de baja energía, ¿qué conductα sigue e	n cuanto al d	iagnóstico?
Solicito densitometría ósea de rutina	10,4%	8
Solicito un perfil metabólico de rutina (vitamina D, hormona paratiroidea, calcio)	2,6%	2
Solicito ambas pruebas	10,4%	8
Refiero al especialista para confirmación diagnóstica de la osteoporosis y tratamiento, si corresponde	59,7%	46
No considero ningún estudio diagnóstico específico	6,5%	5
Otra (especifique)	10,4%	8
Total		77
3. En los pacientes que desarrollan una fractura vertebral por compresión aguda de baja energía dolorosa, ¿qué mducta terapéutica considera que es más útil?		
Tratamiento conservador únicamente	3,9%	3
Tratamiento conservador por 4-6 semanas y, en caso de no mejoría, vertebroplastia o cifoplastía con balón	66,2%	51
Vertebroplastia	6,5%	5
Cifoplastia con balón	15,6%	12
Fijación percutánea con tornillos pediculares + técnicas de refuerzo vertebral	0,0%	0
Otra (especifique)	7,8%	6
Total		77

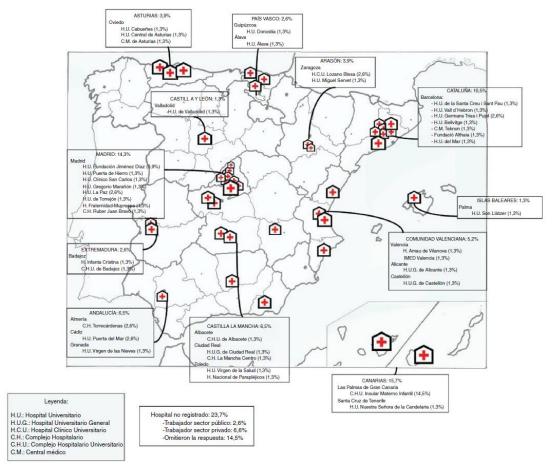


Figura 1 – Relación de la participación de los diferentes centros hospitalarios en el territorio nacional.



Figura 2 – Actuación de los cirujanos de columna en los casos de sospecha de osteoporosis que se van a tratar con artrodesis de columna.

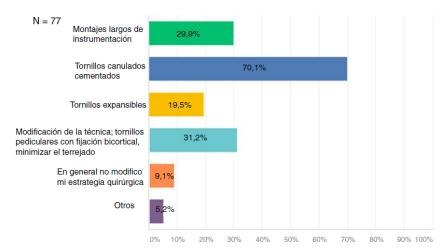


Figura 3 – Estrategias más utilizadas para mejorar los resultados quirúrgicos en los pacientes con osteoporosis que son intervenidos de cirugía de columna.

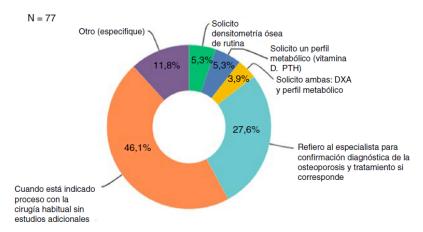


Figura 4 – Conducta de los cirujanos encuestados en los casos de seudoartrosis tras una cirugía de columna vertebral.

P6. En cuanto a la percepción de la influencia de OP en el desarrollo de seudoartrosis, un 35,1% considera que es bastante y el 23,4%, que tiene algo de influencia.

# Tendencias de tratamiento y referencia de los cirujanos respecto a la fractura vertebral por compresión osteoporótica

P7. En cuanto a las FVC osteoporóticas, se encontró que el 59,7% de los cirujanos prefiere referir al paciente al especialista y que el 10, 4% solicitaría una densitometría ósea y un perfil metabólico óseo.

P8. Respecto al tratamiento quirúrgico de estas fracturas, la mayoría (66,2%) optaría por el tratamiento conservador durante 4-6 semanas y, en caso refractariedad, optaría por alguna técnica de refuerzo vertebral (Fig. 5).

# Discusión

# Cirugía de raquis y osteoporosis

Existe un creciente número de pacientes que presentan alguna enfermedad de raquis que requiere cirugía, y que padecen de forma concomitante de OP no diagnosticada o no tratada<sup>4,8</sup>.

Por esta razón, es importante la identificación oportuna de los factores de riesgo más relevantes para OP. Los principales son: mujeres en edad posmenopáusica, menopausia precoz, familiar con fractura de cadera, enfermedad osteopenizante, IMC de menos de  $20\,\mathrm{kg/m^2}$ , corticoterapia oral prolongada, con la seguridad de que el resultado de esta va a influir en la decisión terapéutica que se va a tomar<sup>9</sup>.

Este último criterio es de especial relevancia, ya que el diagnóstico de novo de OP previa a una cirugía de raquis debiera

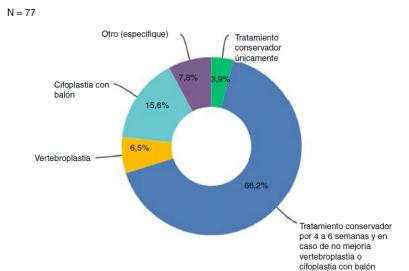


Figura 5 - Conducta terapéutica frente a las fracturas vertebrales por osteoporosis.

suscitar una actuación terapéutica oportuna y propiciar modificaciones en el plan quirúrgico. Adicionalmente a los criterios de densitometría ósea (DXA), existe el consenso en que el hallazgo radiológico incidental de fracturas vertebrales con perfil osteoporótico también es considerado diagnóstico de OP<sup>10</sup>.

Una proporción significativa de pacientes con enfermedad de raquis quirúrgica tienen riesgo de padecer OP. Chin et al. estimaron la prevalencia de OP en sujetos mayores de 50 años operados de columna vertebral y encontraron que el 46,7% de las mujeres tenía osteopenia y el 44,1% OP; por otro lado, el 45,9% de los varones presentaba osteopenia y el 12,5%, OP<sup>3,4</sup>. Es decir, que es muy probable que la prevalencia de OP en pacientes con cirugía de raquis de más de 50 años sea mayor a la de la población en general<sup>2</sup>.

En el presente cuestionario, en los casos de sospecha de OP, el 61,1% de cirujanos se planteó alguna medida que favoreciera el diagnóstico de OP y un tercio de los respondedores no consideró necesario realizar los esfuerzos para su diagnóstico. Esto último probablemente es reflejo de la poca influencia que se atribuye a la OP en los resultados de la cirugía de fusión vertebral. De forma similar, en el estudio de Dipaola et al., el 46% de los cirujanos solicitaría una DXA en el preoperatorio de una artrodesis vertebral en pacientes con sospecha de OP<sup>5</sup>.

En cuanto a la importancia del perfil metabólico óseo, se estima que entre el 40 y el 90% de los adultos tienen nivel sérico disminuido de vitamina D<sup>11-13</sup>. Ravindra et al. estudiaron el nivel sérico de vitamina D en el postoperatorio de 230 pacientes consecutivos tratados mediante fusión espinal electiva por espondilosis degenerativa. La deficiencia de vitamina D fue del 30% y la insuficiencia del 68,9%<sup>14</sup>. La evidencia actual nos revela que los pacientes con enfermedad de columna vertebral tienen una alta prevalencia de hipovitaminosis D<sup>4</sup>, lo que podría influir en los resultados clínicos y radiológicos de una artrodesis<sup>13</sup>.

A pesar de que la evidencia respecto al beneficio del tratamiento con vitamina D y calcio en el preoperatorio es aún limitada<sup>8</sup> (Lehman), el plantearse solicitar un perfil metabólico en un 9% encontrado en este estudio resulta muy bajo, considerando la alta prevalencia de hipovitaminosis D y la posibilidad de su relativa rápida corrección preoperatoria.

Respecto a los pacientes osteoporóticos sin tratamiento candidatos a cirugía de raquis, casi la mitad de los encuestados manifiesta alguna medida encaminada al tratamiento preoperatorio de OP, ya sea refiriendo al especialista o iniciando tratamiento; sin embargo, un 37,7% procede con la cirugía y no considera referir o tratar la OP, o lo hace después de la cirugía, proporción que entendemos que es mejorable.

En las últimas décadas se han producido notables avances en la fisiopatología y el tratamiento de la OP<sup>8</sup>. Recientemente se han publicado ensayos clínicos que evalúan el impacto de los diversos tratamientos farmacológicos sobre la fusión ósea en cirugías de raquis que, en su mayoría, han verificado un efecto beneficioso del alendronato<sup>15</sup>, el ácido zolendrónico<sup>16</sup> y la teriparatida<sup>17</sup>.

El pretratamiento con medicación antirreasortiva modifica la remodelación ósea, mejora la integración de injertos y la fusión ósea<sup>15-18</sup>. Por lo que algunos autores recomiendan, siempre según el contexto clínico, diferir la cirugía hasta una correcta optimización de la OP<sup>4</sup>. A pesar de no existir un consenso claro, se recomienda iniciar el tratamiento de la OP por lo menos 4-6 semanas antes de la cirugía y continuarlo en el posoperatorio bajo supervisión especializada<sup>8</sup>.

En lo concerniente a la planificación de la cirugía en pacientes con OP, en nuestro estudio casi la mitad de los encuestados no modificaría la técnica quirúrgica en pacientes con OP. Los resultados de la encuesta de Dipaola et al. muestran que el 74% de los especialistas modificarían su tratamiento o su plan quirúrgico según el resultado de la DXA<sup>5</sup>.

El diagnóstico preoperatorio de OP y la adecuada estrategia quirúrgica pueden mejoran las tasas de fusión ósea y disminuir el número de complicaciones¹. Alguna de las técnicas quirúrgicas más conocidas que pueden incrementar el éxito clínico y las tasas de fusión vertebral son<sup>8,19</sup>: las instrumentaciones con montajes largos, el uso de conectores transversales²º y la selección de tornillos pediculares cónicos y largos, opciones que aplicarían un 29% de los encuestados. Las modificaciones en la técnica quirúrgica fue una opción válida para el 30% de los respondedores e incluyen el minimizar el terrajado²¹ y la sujeción bicortical de tornillos pediculares a nivel de S1²². Es importante evitar el mismatch a través de la selección adecuada del tamaño de los implantes intersomáticos y así prevenir subsidencias²³.

Otras herramientas útiles son el uso de tornillos pediculares cementados y expandibles<sup>24</sup>. En nuestros encuestados existió una clara preferencia por el uso de tornillos cementados (70%).

La tasa de fusión en pacientes con OP tratados mediante artrodesis lumbar posterior instrumentada con técnica convencional es de un 89,7%<sup>25</sup>. Los estudios de carácter retrospectivo sobre artrodesis con refuerzo de tornillos pediculares cementados demuestran una tasa de fusión cercana al 100%<sup>26-29</sup>. Por otro lado, los reportes sobre tornillos pediculares expansibles describen una tasa de fusión del 86-100%<sup>29-32</sup>. Por lo tanto, estas técnicas, a pesar de no estar exentas de complicaciones, pueden ser una alternativa válida en pacientes con OP e idealmente debieran formar parte del arsenal quirúrgico de los cirujanos de columna<sup>29</sup>.

# Seudoartrosis y osteoporosis

En referencia a la seudoartrosis, casi la mitad de los encuestados no considera realizar estudios adicionales para el diagnóstico de OP, ni a pesar de una posible reintervención. En el caso de Dipaola et al., encontraron que solo el 19% de los cirujanos solicitaba una DXA y el 20% un perfil metabólico óseo para el estudio de la seudoartrosis<sup>5</sup>.

El 61% de los encuestados percibe que existe bastante o mucha influencia de OP en el desarrollo de seudoartrosis, sin embargo, esto no se ve reflejado en la actuación con intención de diagnosticarla.

Nuestros resultados y los de Dipoala et al.<sup>5</sup> indican que una notable proporción de los cirujanos no perciben que la OP tenga una influencia relevante en la aparición de la seudoartrosis.

El desarrollo de la seudoartrosis es multifactorial y requiere una valoración preoperatoria de factores de riesgo como la edad avanzada, el alcoholismo, la desnutrición, el tabaquismo, al igual que la OP.

La disminución de la DMO es un factor de riesgo independiente relacionado con el fracaso de la instrumentación en las artrodesis vertebrales lumbares<sup>4</sup>. Se ha reportado que una adecuada DMO permite unas mayores tasas de fusión ósea en los pacientes tras una artrodesis de columna vertebral y, por el contrario, que los pacientes con baja DMO presentan un mayor riesgo de seudoartrosis<sup>33,34</sup>.

Por otro lado, de cara a una cirugía de revisión de una seudoartrosis establecida, se recomienda descartar enfermedades que puedan deteriorar la calidad ósea, como la OP, desnutrición, hiperparatiroidismo, artritis reumatoide y otras enfermedades inflamatorias sistémicas<sup>33</sup>.

Por lo tanto, parece razonable que en el caso de desarrollo de seudoartrosis se hagan los esfuerzos para el diagnóstico y tratamiento de la OP previas a una cirugía de revisión.

# Fracturas vertebrales por osteoporosis

En referencia a las fracturas vertebrales por OP se observó una mayor concienzación y participación activa del cirujano de columna, ya sea refiriendo al paciente a un especialista para su manejo médico (59%) o realizando alguna prueba diagnóstica (24%). Dipaola et al. encontraron igualmente que el 60% de los cirujanos de columna solicita una DXA y el 39%, perfil metabólico óseo<sup>5</sup>.

Una investigación de atención primaria que revisó más de 4 millones de historias clínicas en España encontró que, tras una primera fractura de cadera, se inició tratamiento *de novo* solo en una minoría de los pacientes, tanto con bisfosfonatos (13,6%) como con calcio y vitamina D (21,8%)<sup>35</sup>.

Se ha observado que el hecho de solicitar una DXA posterior a las fracturas distales de radio por parte de los ortopedistas se correlaciona con un aumento de las posibilidades de tratamiento, tanto de la OP como de las fracturas vertebrales<sup>6</sup>.

En cuanto a las tendencias de tratamiento de las fracturas vertebrales por OP, la mayoría (66%) considera lo más apropiado el tratamiento de refuerzo vertebral tras un periodo de tratamiento conservador de 4-6 semanas sin mejoría<sup>36</sup>. El 22,4% optó por alguna técnica de refuerzo vertebral (vertebroplastia o cifoplastia) en el momento del diagnóstico.

Se han llevado a cabo varios ensayos clínicos, como el VERTOS II<sup>37</sup>, el estudio FREE<sup>38</sup>, así como en el ensayo de Farrokhi et al.<sup>39</sup>, que muestran resultados beneficiosos en cuanto a la mejoría del dolor y la calidad de vida con el uso de vertebroplastia o cifoplastia. Sin embargo, el estudio VERTOS IV<sup>40</sup>, que compara un grupo de pacientes con vertebroplastia percutánea y otro control con inyección de anestésico local en pedículos, no encontró diferencias significativas en cuanto a la mejoría del dolor hasta un año de seguimiento. Una reciente revisión de la fundación Cochrane, que incluye 21 ensayos clínicos, de los cuales 5 son ensayos de vertebroplastia versus placebo (que incluye al VERTOS IV), concluye que la vertebroplastia tiene un escaso beneficio clínico (alivio del dolor de solo un 7%)<sup>41</sup>.

En general, existe un consenso en esperar entre 4 y 6 semanas en pacientes con una FVC antes de plantearse efectuar una vertebroplastia, porque en la mayoría de los pacientes el dolor remite tras un periodo de observación. Por otra lado, algunas sociedades científicas de neurocirugía e intervencionismo de EE. UU. han ampliado la definición de fracaso del tratamiento médico a los pacientes con dolor incapacitante en la zona de la fractura que les impide caminar o realizar terapia física después de 24 h de un adecuado tratamiento analgésico, o en el caso de tener efectos adversos intolerables de la medicación<sup>36</sup>. En consonancia con este criterio, los resultados del ensayo multicéntrico VAPOUR, que comparó vertebroplastia vs. placebo en pacientes con FVC de menos de 6 semanas, encontró una mejoría significativa del dolor (diferencia del 23%)<sup>42</sup>.

Reuniendo la mejor evidencia científica disponible<sup>41</sup>, por el momento, no es posible recomendar la vertebroplastia en FVC por OP, al tener un escaso efecto beneficioso clínico.

En definitiva, el presente estudio es pionero en el análisis de las tendencias y los patrones de actuación de la comunidad quirúrgica de raquis en cuanto a la OP. Resaltamos la necesidad de establecer y homogeneizar los criterios de diagnóstico y tratamiento preoperatorio de la OP.

Una limitación de nuestra investigación fue la relativa baja participación de especialistas en la encuesta, desventaja descrita para los estudios tipo encuesta enviados por vía electrónica, lo que quizá pudiera interferir en la representatividad del estudio. Las tendencias de actuación observadas son representativas de la comunidad neuroquirúrgica, lo que invita a medir estos patrones en traumatólogos.

Los resultados del presente estudio indican la necesidad de incentivar la participación activa del cirujano de columna, refiriendo oportunamente a los pacientes con OP para su tratamiento. De manera ideal, se deberían hacer los esfuerzos para elaborar guías de manejo consensuadas y multidisciplinarias de diagnóstico y tratamiento de pacientes con OP en el preoperatorio de una cirugía de raquis.

# Conclusiones

Una mayor participación del cirujano de columna podría mejorar la tasa de intención de referencia y tratamiento preoperatorio de la OP en la cirugía de artrodesis vertebral y seudoartrosis. En las fracturas vertebrales existe una mejor concienciación para optimizar el tratamiento y el seguimiento de la OP.

# Financiación

El presente trabajo ha sido financiado por la Beca de investigación del Colegio de Médicos de Las Palmas de Gran Canaria, XXII edición.

# Conflicto de intereses

Declaramos que no existe ningún conflicto de interés.

# BIBLIOGRAFÍA

- Goldstein CL, Brodke DS, Choma TJ. Surgical management of spinal conditions in the elderly osteoporotic spine. Neurosurgery. 2015;77:S98–107.
- Curiel MD, García JJ, Carrasco JL, Honorato J, Cano RP, Rapado A, et al. Prevalencia de osteoporosis determinada por densitometría en la población femenina española. Med Clín (Barc). 2001;116:86–8.
- Chin DK, Park JY, Yoon YS, Kuh SU, Jin BH, Kim KS, et al. Prevalence of osteoporosis in patients requiring spine surgery: Incidence and significance of osteoporosis in spine disease. Osteoporosis Int. 2007;18: 1219–24.
- Lubelski D, Choma TJ, Steinmetz MP, Harrop JS, Mroz TE. Perioperative medical management of spine surgery patients with osteoporosis. Neurosurgery. 2015;7:S92–7.

- Dipaola CP, Bible JE, Biswas D, Dipaola M, Grauer JN, Rechtine GR. Survey of spine surgeons on attitudes regarding osteoporosis and osteomalacia screening and treatment for fractures, fusion surgery, and pseudoarthrosis. Spine J. 2009;9:537–44.
- Rozental TD, Makhni EC, Day CS, Bouxsein ML. Improving evaluation and treatment for osteoporosis following distal radial fractures. J Bone Joint Surg. 2008;90:953–61.
- Daffner SD, Karnes JM, Watkins CM. Surgeon specialty influences referral rate for osteoporosis management following vertebral compression fractures. Global Spine J. 2016:6:524–8.
- Lehman RA Jr, Kang DG, Wagner SC. Management of osteoporosis in spine surgery. JAAOS. 2015;23:253–63.
- Foronda IE, Rey JRC, Garijo RL, Cervino EV, Ruiz FR, Ramos MM, et al. Guía SECOT-GEIOS en osteoporosis y fractura por fragilidad. Actualización. Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2015;59:373-93, http://dx.doi.org/10.1016/j.recot.2015.05.007.
- Siris ES, Adler R, Bilezikian J, Bolognese M, Dawson-Hughes B, Favus MJ, et al. The clinical diagnosis of osteoporosis: A position statement from the National Bone Health Alliance Working Group. Osteoporosis Int. 2014;25:439–1443.
- 11. González-Padilla E, López AS, González-Rodríguez E, García-Santana S, Mirallave-Pescador A, Marco MD, et al. Elevada prevalencia de hipovitaminosis D en los estudiantes de medicina de Gran Canaria Islas Canarias (España). Endocrinología y Nutrición. 2011;58:267–73.
- Stoker GE, Buchowski JM, Bridwell KH, Lenke LG, Riew KD, Zebala LP. Preoperative vitamin D status of adults undergoing surgical spinal fusion. Spine. 2013:38:507-15.
- Kim TH, Lee BH, Lee HM, Lee SH, Park JO, Kim HS, et al. Prevalence of vitamin D deficiency in patients with lumbar spinal stenosis and its relationship with pain. Pain Physician. 2013:16:165.
- Ravindra VM, Godzik J, Guan J, Dailey AT, Schmidt MH, Bisson EF, et al. Prevalence of vitamin D deficiency in patients undergoing elective spine surgery: A cross-sectional analysis. World Neurosurg. 2015;83:1114–9.
- Nagahama K, Kanayama M, Togawa D, Hashimoto T, Minami A. Does alendronate disturb the healing process of posterior lumbar interbody fusion? A prospective randomized trial. J Neurosurg Spine. 2011;14:500–7.
- Chen F, Dai Z, Kang Y, Lv G, Keller ET, Jiang Y. Effects of zoledronic acid on bone fusion in osteoporotic patients after lumbar fusion. Osteoporos Int. 2016;27:469–1476.
- 17. Ohtori S, Inoue G, Orita S, Yamauchi K, Eguchi Y, Ochiai N, et al. Comparison of teriparatide and bisphosphonate treatment to reduce pedicle screw loosening after lumbar spinal fusion surgery in postmenopausal women with osteoporosis from a bone quality perspective. Spine (Phila Pa; 1976). 2013;38: E87–92.
- Slimack NP, Bae HW. Therapies for osteoporosis: Are they good for spinal fusion? Spine J. 2013;13:200–1.
- Díaz-Romero Paz R, Reimunde Figueira P. Osteoporosis y cirugía de raquis: estrategias de tratamiento médico. Rev Osteoporos Metab Mineral. 2018;10:41–54, 10.4321/s1889-836x2018000100007.
- Brodke DS, Bachus KN, Mohr RA, Nguyen BK. Segmental pedicle screw fixation or cross-links in multilevel lumbar constructs. A biomechanical analysis. Spine J. 2001;1: 373–9.
- Carmouche JJ, Molinari RW, Gerlinger T, Devine J, Patience T.
   Effects of pilot hole reparation technique on pedicle screw
  fixation in different regions of the osteoporotic thoracic
   and lumbar spine. J Neurosurg Spine. 2005;3:364–70.
- 22. Paik H, Dmitriev AE, Lehman RA Jr, Gaume RE, Ambati DV, Kang DG, et al. The biomechanical effect of pedicle screw

- hubbing on pullout resistance in the thoracic spine. Spine J. 2012:12:417-24.
- 23. Uchida K, Kobayashi S, Nakajima H, Kokubo Y, Yayama T, Sato R, et al. Anterior expandable strut cage replacement for osteoporotic thoracolumbar vertebral collapse. J Neurosurg Spine, 2006:4:454-62.
- 24. Hirsch BP, Unnanuntana A, Cunningham ME, Lane JM. The effect of therapies for osteoporosis on spine fusion: A systematic review. Spine J. 2013;13:190–9.
- 25. Cavagna R, Tournier C, Aunoble S, Bouler JM, Antonietti P, Ronai M, et al. Lumbar decompression and fusion in elderly osteoporotic patients: A prospective study using less rigid titanium rod fixation. J Spinal Disord Tech. 2008;21:86-91, 10.1097/BSD.0b013e3180590c23.
- 26. Pinera AR, Duran C, Lopez B, Saez I, Correia E, Alvarez L. Instrumented lumbar arthrodesis in elderly patients: Prospective study using cannulated cemented pedicle screw instrumentation. Eur Spine J. 2011;20:408-14, 10.1007/s00586-011-1907-2.
- 27. Dai F, Liu Y, Zhang F, Sun D, Luo F, Zhang Z, Xu J, et al. Surgical treatment of the osteoporotic spine with bone cement-injectable cannulated pedicle screw fixation: Technical description and preliminary application in 43 patients. Clinics (Sao Paulo). 2015;70:114-9, 10.6061/clinics/2015(02)08.
- 28. Moon BJ, Cho BY, Choi EY, Zhang HY. Polymethylmethacrylate augmented screw fixation for stabilization of the osteoporotic spine: A three-year follow-up of 37 patients. J Korean Neurosurg Soc. 2009;46:305–11, http://dx.doi.org/10.3340/jkns.2009.46.4.305.
- 29. Fischer CR, Hanson G, Eller M, Lehman RA. A systematic review of treatment strategies for degenerative lumbar spine fusion surgery in patients with osteoporosis. Geriatr Orthop Surg Rehabil, 2016;7:188-96.
- 30. Gao M, Lei W, Wu Z, Liu D, Shi L. Biomechanical evaluation of fixation strength of conventional and expansive pedicle screws with or without calcium based cement augmentation. Clin Biomech (Bristol Avon). 2011;26:238-44.
- 31. Cook SD, Barbera J, Rubi M, Salkeld SL, Whitecloud TS 3rd. Lumbosacral fixation using expandable pedicle screws: An alternative in reoperation and osteoporosis. Spine J. 2001;1:109-14.
- 32. Wu ZX, Gong FT, Liu L, Ma ZS, Zhang Y, Zhao X, et al. A comparative study on screw loosening in osteoporotic lumbar spine fusion between expandable and conventional pedicle screws. Arch Orthop Trauma. 2012;132:471-6, http://dx.doi.org/10.1007/s00402-011-1439-6.
- 33. Ondra SL, Marzouk S. Revision strategies for lumbar pseudarthrosis. Neurosurg Focus. 2003;15:1–5.

- 34. Choma TJ, Rechtine G, McGuire RA, Brodke DS. Treating the aging spine. Instr Course Lect. 2016;65:269-79.
- 35. León Vázquez F, Bonis J, Bryant Cerezo V, Herrero Hernández S, Jamart Sánchez L, Díaz Holgado A. Prevención de fractura osteoporótica en España: uso de fármacos antes y después de una fractura de cadera. Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral. 2015;7:54-62.
- 36. Barr JD, Jensen ME, Hirsch JA, McGraw JK, Barr RM, Brook AL, et al. Position statement on percutaneous vertebral augmentation: A Consensus Statement Developed by the Society of Interventional Radiology (SIR), American Association of Neurological Surgeons (AANS) and the Congress of Neurological Surgeons (CNS), American College of Radiology (ACR), American Society of Neuroradiology (ASNR), American Society of Spine Radiology (ASSR), Canadian Interventional Radiology Association (CIRA), and the Society of NeuroInterventional Surgery (SNIS). J Vasc Interv Radiol. 2014;25: 171-81.
- 37. Klazen CA, Lohle PN, de Vries J, Jansen FH, Tielbeek AV, Blonk MC, et al. Vertebroplasty versus conservative treatment in acute osteoporotic vertebral compression fractures (VERTOS II): An open-label randomised trial. Lancet. 2010;376:1085-92.
- 38. Wardlaw D, Cummings SR, Van Meirhaeghe J, Bastian L, Tillman JB, Ranstam J, et al. Efficacy and safety of balloon kyphoplasty compared with non-surgical care for vertebral compression fracture (FREE): A randomised controlled trial. Lancet. 2009;373:
- 39. Farrokhi MR, Alibai E, Maghami Z. Randomized controlled trial of percutaneous vertebroplasty versus optimal medical management for the relief of pain and disability in acute osteoporotic vertebral compres- sion fractures. J Neurosurg Spine. 2011;14:561-9.
- 40. Firanescu CE, de Vries J, Lodder P, Venmans A, Schoemaker MC, Smeet AJ, et al. Vertebroplasty versus sham procedure for painful acute osteoporotic vertebral compression fractures (VERTOS IV): Randomised sham controlled clinical trial. BMJ. 2018;361:k1551, http://dx.doi.org/10.1136/bmj.k1551.
- 41. Buchbinder R, Johnston RV, Rischin KJ, Homik J, Jones CA, Golmohammadi K, et al. Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture. Cochrane Database Syst Rev. 2018;(Issue 11.):CD006349, http://dx.doi.org/10.1002/14651858. CD006349.pub4.
- 42. Clark W, Bird P, Gonski P, Diamond TH, Smerdely P, McNeil HP, et al. Safety and efficacy of vertebroplasty for acute painful osteoporotic fractures (VAPOUR): A multicentre, randomised, double-blind, placebo-controlled trial. Lancet. 2016 Oct 1;388(10052):1408-16,
  - http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31341-1.

# 4.3 Publicación 3



# **Practice Patterns of Spine Surgeons Regarding Osteoporosis: An International Survey**

Ricardo Díaz-Romero, Manuel Sosa Henríquez, Kevin Armas Melián and Claudia Balhen-Martin

Int J Spine Surg published online 11 March 2021 http://ijssurgery.com/content/early/2021/02/25/8049

This information is current as of March 11, 2021.

# Resumen del artículo 3

# **Título**

Patrones de práctica de los cirujanos de columna con respecto a la osteoporosis: una encuesta internacional

# **Autores**

Dr. Ricardo Díaz Romero Paz

Dr. Manuel Sosa Henríquez

Dr. Kevin Armas Melián

Dra. Claudia Balhen Martin

# Revista

International Journal of Spine Surgery SJR Q2, factor de impacto:1.38

# **Antecedentes**

La osteoporosis (OP) representa un gran desafío para el cirujano de columna. A pesar de tener tratamientos farmacológicos eficaces para OP e innovaciones en las técnicas quirúrgicas, el conocimiento y concienciación de los cirujanos de columna con respecto a la OP parece insuficiente.

# **Objetivo**

Evaluar los patrones de práctica en el diagnóstico y tratamiento de los cirujanos de columna con respecto a la OP a nivel internacional

# Métodos

Se realizo una encuesta electrónica de diez preguntas de opción múltiple a miembros de la Asociación Europea de Sociedades de Neurocirugía (EANS). La encuesta preguntó sobre aspectos de la especialidad, el lugar de trabajo, y los patrones de práctica respecto a la cirugía de fusión de columna, pseudoartrosis y compresión vertebral relacionadas a la osteoporosis fracturas (FVC).

# Resultados

Un total de 122 especialistas en columna completaron la encuesta. En pacientes con sospecha de OP, el 31,4% de los cirujanos derivarían al paciente al especialista en OP antes de la cirugía y el 21,5% optaría por realizar la cirugía sin estudios adicionales. El 66,4% de los encuestados modificaría la estrategia quirúrgica en el caso de OP. La cirugía más popular fueron tornillos pediculares cementados (77,9%) y los montajes de instrumentación largos (45,1%). En cuanto a la pseudoartrosis, el 29,5% de los cirujanos optaron por derivar al especialista en OP, y el 23,8% no consideró ningún estudio adicional sobre el tratamiento de FVC, el 41,32% de los encuestados derivaría al paciente para tratamiento de OP, y la estrategia terapéutica más común fue el tratamiento conservador durante 4 a 6 semanas y vertebroplastia o cifoplastia en caso de no mejoría (55,74%). Hubo una mayor proporción de cirujanos que no considerarían preoperatorios estudios o derivación de pacientes con sospecha de OP para cirugía de columna ( $\chi^2 = 4,48$ , p = 0,03) y pseudoartrosis ( $\chi^2 = 9,5$ , p = 0,002) en comparación con FVC.

# **Conclusiones**

Hubo una mayor concienciación sobre la optimización de la OP en el caso FVC en comparación con los pacientes con sospecha de OP por artrodesis o pseudoartrosis de la columna. Existen oportunidades potenciales de mejorar el diagnóstico y tratamiento oportunos de la OP en pacientes con cirugía de columna.

# Practice Patterns of Spine Surgeons Regarding Osteoporosis: An International Survey

RICARDO DÍAZ-ROMERO, MD,  $^{1,2}$  MANUEL SOSA HENRÍQUEZ, PhD,  $^{1,3}$  KEVIN ARMAS MELIÁN, MD,  $^2$  CLAUDIA BALHEN-MARTIN, MD $^4$ 

<sup>1</sup>Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Spain, <sup>2</sup>Department of Neurosurgery of Hospital Insular of Las Palmas of Spain Neurosurgery, <sup>3</sup>Department Bone Metabolism and Osteoporosis of Hospital Insular of Las Palmas , and <sup>4</sup>Department of Radiology, Hospital Perpetuo Socorro, Las Palmas de Gran Canaria, Spain

# **ABSTRACT**

**Background:** Osteoporosis (OP) represents a great challenge for the spine surgeon. Despite having effective pharmacological treatments for OP and surgical technical innovations, the awareness of spine surgeons regarding OP seems low. The purpose of this research was to assess practice patterns on the diagnosis and treatment of spine surgeons regarding OP.

**Methods:** An electronic survey of ten multiple-choice questions was administered to members of the European Association of Neurosurgical Societies (EANS). The survey asked about the specialty, the workplace, and practice patterns and attitudes regarding OP and spine fusion surgery, pseudoarthrosis, and vertebral compression fractures (VCF).

**Results:** A total of 122 surgeons completed the survey. In patients with suspected OP, 31.4% of surgeons would refer the patient to the OP specialist before surgery and 21.5% chose to perform the surgery without additional studies. A 66.4% of respondents would modify the surgical strategy in the case of OP. The most popular surgical techniques elected were cemented augmented screws (77.9%) and long-segment instrumentation (45.1%). Regarding pseudoarthrosis, 29.5% of surgeons opted to refer to the OP specialist, and 23.8% didn't consider any additional studies Concerning VCF management, 41.32% of respondents would refer the patient for treatment of OP, and the most common therapeutic strategy was conservatively treatment for 4 to 6 weeks and vertebroplasty or kyphoplasty if no improvement (55.74%).

There was a higher proportion of surgeons that would not consider preoperative studies or referring patients with suspected OP for spine surgery ( $\chi^2 = 4.48$ , p =0.03) and pseudoarthrosis ( $\chi^2 = 9.5$ , p =0.002) compared to VCF.

**Conclusions:** There was a greater awareness regarding optimizing OP management in VCF compared to patients with suspected OP for spine arthrodesis or pseudoarthrosis. There still opportunities for improvement for the timely diagnosis and treatment of OP in spine surgery patients.

Other & Special Categories

# INTRODUCTION

The population worldwide is aging fast, and the increase in life expectancy has raised the number of patients with osteoporosis (OP) and degenerative spine conditions.<sup>1</sup> Osteoporosis has affected more than 75 million people in the United States, Europe, and Japan.<sup>2</sup> Over the next 25 years, the proportion comprising the elderly in Europe will increase by 56% in men and by 41% in women.<sup>2</sup> Some reports have suggested that the prevalence of OP in women over 50 years old with spine surgery is higher than in the general population and can reach up to 46%.<sup>3</sup>

A low bone mineral density (BMD) is associated with spinal instrumentation failure and poor bone fusion, influencing both clinical and radiological results in spine surgery.<sup>1,4</sup> Despite having effective

pharmacological treatments for improving BMD<sup>1,4-6</sup> and the development of technical innovations in spine surgery for osteoporotic patients,<sup>5</sup> a lack of awareness in spine surgeons regarding OP has been found.<sup>7,8</sup> In addition, low referral rates for treatment following a vertebral compression fracture (VCF) have been reported.<sup>9</sup>

Currently, there are few reports that have explored the attitudes and practice patterns of spine surgeons regarding OP in fusion surgery.<sup>8,10,11</sup> Likewise, the specific surgical techniques applied by spine surgeons when operating on patients with OP have been poorly described.

The objective of this study was to evaluate practice patterns and attitudes of spine surgeons regarding the diagnosis and treatment of OP related to spinal arthrodesis, pseudoarthrosis, and VCF as

Downloaded from http://ijssurgery.com/ by guest on March 11, 2021

Copyright 2021 by International Society for the Advancement of Spine Surgery.

Table 1. Practice patterns and attitudes of spine surgeons regarding OP and fusion surgery.

Parameter	Value, % (n)
Q1. In patients with SUSPECTED osteoporosis and candidates for spinal arthrodesis, what strategy do you usually apply before surgery?	
apply detories ungery: Check routine bone densitometry	29.75 (36)
Check routine metabolic bone profile (vitamin D, parathyroid hormone, calcium)	1.65 (2)
Check both tests a and b	15.7 (19)
	31.4 (38)
Refer the patient to the specialist for osteoporosis work-up before surgery	
Proceed with the surgery on a regular basis Other	21.5 (26)
V	0 (0)
Total	.121
Q2. In patients with OSTEOPOROSIS WITHOUT TREATMENT and candidates for spine arthrodesis, what strategy do before surgery?	you usually apply
Proceed with surgery on a regular basis	8.20 (10)
Proceed with surgery and then refer the patient for treatment of osteoporosis	34.4 (42)
Refer to the specialist for the treatment of osteoporosis before surgery	36.1 (44)
Give treatment for osteoporosis and then proceed with surgery	16.4 (20)
Conservative treatment	2.46 (3)
Other (specify)	2.46 (3)
Total	122
O3. In patients with OSTEOPOROSIS WITH TREATMENT who will undergo spine arthrodesis, what strategy do you us	
Alter my surgical plan to enhance bone fusion	66.4 (81)
Proceed with surgery on a regular basis	30.3 (37)
Other (specify)	3.3 (4)
Total	122
Q4. What surgical strategy do you use to improve fusion in patients with osteoporosis? Mark ONE OR MORE OPTIONS	
Long segment instrumentation and increase points of fixation	
Cemented screws	45.1 (55)
	77.9 (95)
Expandable screws	14.75 (18)
Modification of the technique; pedicle screws with bicortical fixation, conical screws. minimize tapping, sublaminar hooks	36.1 (44)
Do not change my surgical strategy	5.7 (7)
Other (specify)	7.4 (9)
Total	122

well as to report the most common surgical techniques used in osteoporotic patients.

# **METHODS**

An electronic survey of 10 self-answered multiplechoice questions (Q) was administered to members of the European Association of Neurosurgical Societies (EANS) who treated spine pathologic conditions and had at least 5 years of practicing experience. There was an option for additional comments to avoid information gaps.

# Questionnaire Development

The survey (Tables 1 and 2) asked about the specialty and the workplace, then was divided into 3 parts:

Spine surgeons' practice patterns and attitudes regarding OP and spine fusion surgery (4 questions): This part assessed the role of the neurosurgeon in the diagnostic approach in patients with suspected or confirmed OP without treatment. Suspected OP was defined by the presence of risk factors such as

- advanced age, being postmenopausal, family history of osteoporosis, previous fracture, current smoking, and long-term treatment with corticosteroids. It also explored the modifications in the surgical plan and the most popular surgical techniques used in patients with OP.
- Perception of the influence of OP in the development of pseudoarthrosis (2 questions): Part 2 evaluated the surgeon's opinions or perceptions of the influence of OP in the development of pseudoarthrosis and the preoperative management pseudoarthrosis in case of a revision surgery.
- Trends and management patterns of spine surgeons with respect to osteoporotic VCF (2 questions): This part assessed diagnostic, referral and treatments patterns of spine surgeons regarding VCF.

# Administration of the Survey

The survey was integrated into the online survey platform SurveyMonkey and was sent by email to the members of EANS. An invitation to participate

Table 2. Perception of the influence of OP in the development of pseudoarthrosis and management patterns of spine surgeons concerning osteoporotic VCF.

Parameter	Value, % (n)
O5. In patients who develop pseudoarthrosis following spinal surgery, what strategy do you usually apply?	
Check routine bone densitometry	15.57 (19)
Check routine metabolic profile (vitamin D, parathyroid hormone, calcium)	4.9 (6)
Check both tests a and b	22.95 (28)
Refer the patient to the specialist for osteoporosis work-up before surgery	29.5 (36)
Proceed with the surgery without further studies	27 (33)
Other (specify)	0 (0)
Total	122
O6. What influence do you think osteoporosis has on the development of pseudoarthrosis?	
No clear influence	18 (22)
Little	10.7 (13)
Some	27.05 (33)
Quite	29.5 (36)
A lot	13.9 (17)
Other (specify)	0.82(1)
Total	122
Q7. In patients who develop a low-energy vertebral compression fracture, what strategy do you usually follow?	
Check routine bone densitometry	19 (23)
Check routine metabolic profile (vitamin D, parathyroid hormone, calcium)	4.9 (6)
Check both tests a and b	22.3 (27)
Refer the patient to the specialist for osteoporosis work-up	41.3 (50)
I don't consider any specific diagnostic studies	11.6 (14)
Other (specify)	0.82 (1)
Total	121
Q8. In patients who present with a low-energy acute vertebral compression fracture, what therapeutic strategy do you of	
Conservative treatment only	4.1 (5)
Conservative treatment for 4-6 weeks; if no improvement proceed with vertebroplasty or balloon kyphoplasty	55.7 (68)
Vertebroplasty	16.4 (20)
Balloon kyphoplasty	13.9 (17)
Percutaneous fixation with pedicle screws + vertebral reinforcement techniques	4.9 (6)
Other (specify)	4.9 (6)
Total	122

Abbreviations: OP, osteoporosis; VCF, vertebral compression fracture.

in the survey and 2 more reminders were sent. Answers were collected through SurveyMonkey and then transferred to a database (Excel spreadsheet).

The investigation was authorized by the research ethics committee from our hospital and from the research committee of the EANS.

# Statistical Analysis

Data were compiled in Excel spreadsheet files, and statistical testing analysis was performed in conjunction with SPSS software, version 25.0 (SPSS Inc, Armonk, NY). The study sample was described by calculating the frequencies and percentages for categorical variables, which were subsequently compared using  $\chi^2$  testing. Statistical significance was established at a 2-sided  $\alpha$  level of .05 (P = .05).

# **RESULTS**

A total of 122 EANS members completed the questionnaire, with a rate of response of 38.1%. The workplaces of the survey participants from Europe and the rest of the world are summarized in Figure 1

- 1. The results of the first section of the survey on respect spine surgeons' practice patterns regarding OP (Table 1) were:
  - Q1. In patients with a suspected OP, the most frequent answer (34% of surgeons) was to refer the patient to the specialist for diagnosis and treatment of OP before surgery; whereas, 21.5% of surgeons would perform the surgery without additional diagnostic studies.
  - Q2. Regarding patients with OP without treatment who were scheduled for a spine arthrodesis, 36.1% of surgeons considered referring the patient to the OP specialist prior to surgery; 34.4% after the surgery; and 8.2% would proceed with the surgery without considering any treatment for OP.
  - Q3. In patients with OP with treatment, the tendency in most respondents (66.4%) was to modify or alter the surgical strategy; whereas, 30.3% opted to operate without any modifications.

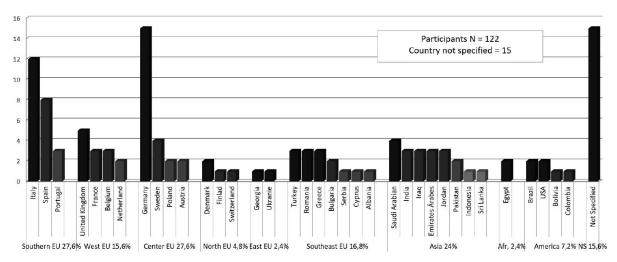


Figure 1. Participants in the survey who were members of European Association of Neurosurgical Societies (EANS), by countries.

- Q4. The most frequent surgical techniques for patients with OP were cemented augmented screws (77.9%), long-segment instrumentation (45.1%), and modification of the surgical technique (eg, bicortical screws, conical screws, and minimizing tapping; 36.1%).
- 2. In the case of the spine surgeon's perception of the influence of OP in the development of pseudoarthrosis, the results were (Table 2):
  - Q5. In the case of patients who developed pseudoarthrosis, 29.5% of surgeons would refer the patient to the OP specialist for diagnosis and treatment optimization; whereas, 23.8% did not consider additional studies even in the case of a reoperation.
  - Q6. About the perception of the influence of OP in the development of pseudo-arthrosis, 29.5% considered it to have quite an influence, and 27.05% reported some influence.
- 3. Finally, the results about the management patterns of spine surgeons concerning osteoporotic VCF were:
  - Q7. In the case of osteoporotic VCF, it was found that 41.3% of surgeons preferred to refer the patient to a specialist, and 22.3% would request dual-energy x-ray absorptiometry (DXA) and a metabolic bone profile (MBP).

Q8. With respect to the treatment of VCF, the majority (55.74%) of respondents chose conservative treatment for 4–6 weeks and vertebroplasty in case of refractory medical treatment, and only 4.1% opted for conservative treatment.

Regarding trends of preoperative screening of OP (DXA or MBP or both) or referring patients to the OP specialist, there was a statistically significant greater proportion of respondents who did not consider preoperative screening studies or referring patient to a specialist in the case of suspected OP ( $\chi^2 = 4.48$ , P = .03) and pseudoarthrosis ( $\chi^2 = 9.5$ , P = .002) compared with a VCF (Figure 2).

## DISCUSSION

The present report displays the results of the first European survey among spine surgeons from all over the world regarding clinical decision-making for spinal fusion, management of pseudoarthrosis, and VCF in patients with OP and includes specific details regarding technical nuances of the spine surgery.

# Spine Surgeons' Practice Patterns and Attitudes Regarding OP and Spine Fusion Surgery

In our survey, in the case of suspected OP, 47.1% of the surgeons considered obtaining a DXA and/or MBP, 31.4% opted for referring to a specialist, and 21.5% would proceed with the surgery without additional studies (Table 3). Similar studies reported

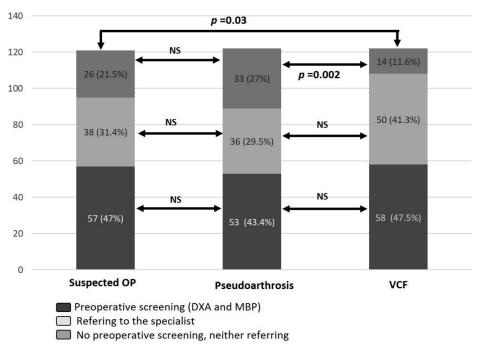


Figure 2. Comparative analysis on trends between suspected osteoporosis (OP), pseudoarthrosis and vertebral compression fracture (VCF). \*P < .05. NS, nonsignificant statistically.

a trend to proceed with the surgery without additional studies in suspected OP; namely, 41% in the Dipaola et al<sup>8</sup> report, 32.5% in the Spain Society of Neurosurgery (SENEC) survey, <sup>10</sup> and 24.5% in the AOSpine Latin America survey. <sup>11</sup>

There was a small proportion of surgeons (8.2%) who would prefer to proceed with the surgery without any additional studies or treatment in untreated osteoporotic patients. However, a significant proportion of participants (34.4%) preferred to refer the patient after surgery, which entailed fewer risks for the timely management of OP.6

Currently, there is no widely accepted consensus for a preoperative work-up for osteoporosis in the case of spinal fusion surgery.<sup>1,8</sup> According to the American College of Radiology, besides the risk factors for OP, BMD measurement is indicated when a clinical decision would be influenced by test results.<sup>1</sup> A *de novo* diagnosis of OP prior to spinal surgery should stimulate improvements in terms of timely treatment and lead to pertinent surgical plan modifications.

A review of surgical complications in patients over 65 years old reported an overall rate of early complications of 13%, which included pedicle

fractures and VCFs, and a 26% rate of late complications such as pseudoarthrosis with instrumentation failure, adjacent-level disc degeneration, and progressive junctional kyphosis.<sup>12</sup>

In recent decades considerable advances have been made in the treatment of OP. Several clinical trials have investigated the impact of pharmacological treatment on bone fusion in spinal surgery with alendronate, <sup>13</sup> zoledronic acid, <sup>14</sup> and teriparatide. <sup>15</sup> Most of them showed an increase in bone fusion rates and a reduced risk of screw loosening.

Although there is no clear consensus, some authors recommended that antiresorptive treatment should be started at least 4–6 weeks before surgery and continued in the postoperative period under specialized supervision.<sup>6</sup>

In addition, it has been estimated that between 40% and 90% of adults suffer from decreased serum levels of vitamin D, which could influence both clinical and radiological results of spine surgery. <sup>16–18</sup> It is very likely that providing the needed supplementation of vitamin D in the perioperative period will improve symptoms and may also aid in promoting bone fusion and reducing pseudoarthrosis. <sup>1,6</sup>

Table 3. Comparative of all the published reports studying practice pattems and attitudes of spine surgeons regarding OP.

	Trends in	Trends in Spine Surgery Arthrodesis and OP	sis and OP			
Publications	Preoperative Management Suspected OP	Modification of Technique	Surgical Strategy	Pseudoarthrosis and OP	VCF Referral and Diagnosis of OP	VCF Management
Dipaola et al <sup>8</sup>	DXA 44% laboratories 12%	Surgeons alter surgical plan 74% depending on DXA results	Not investigated	• DXA 19% • Metabolic bone labs 20% • Refer to specialist before surgery 63.3%	• DXA 60% • Metabolic bone labs 39% • Refer to specialist 25,2%	Not investigated
SENEC <sup>10</sup>	• Pre-op screening* (DXA/MBP) 32.5% • Refer 32.5% • No additional studies 32.5%	Modified or alter surgical plan 48.7%	• Cement-augmented screws 70.1% • Modification of technique bicortical fixation 31.2% • Long-segment instrumentation 29.9%	• Pre-op screening* (DXA/MBP) 14.3% • Refer 27.6% • No additional studies 46.1%	• Preop screening* (DXA/MBP) 23.4% • Refer 59.7% • No additional studies 6.5%	Conservative treatment if no improvement ver- tebroplasty or kypho- plasty 66.2%     Conservative 3.9%
AOSpine Latin America <sup>11</sup>	Risk factors for OP  • DXA 64.9%  • Vit D 44.5%  • Refer 81%	Unplanned modification of the surgery 67.4%	Extend the instrumentation 65%     Cement injection associated with instrumentation 63%     Fenestrated screws 41.4%	Not investigated	Not investigated	Not investigated
Present study EANS	• Pre-op screening <sup>a</sup> (DXA/MBP) 47.1% • Refer 31.4% • No additional studies 21.5%	Modified or alter surgical plan 66.4%	• Cement-augmented screws 77.9% • Modification of technique bicortical fixation 36.1% • Long-segment instrumentation 45%	• Pre-op screening <sup>a</sup> (DXA/MBP) 43.4% • Refer 29.5% • No additional studies 23.8%	• Pre-op screening <sup>a</sup> (DXA/MBP) 47.5% • Refer 41.3% • No additional studies 11.6%	• Conservative treatment if no improvement ver- tebroplasty or kypho- plasty 55.7% • Conservative 4.1%

Abbreviations: DXA, dual-energy x-ray absorptiometry; EANS, European Association of Neurosurgical Societies; MBP, metabolic bone profile; OP, osteoporosis; Pre-op, preoperative; SENEC, Spain Society for "Neurosurgery; VCF, vertebral compression fracture; Vit, vitamin."

"DXA or MBP or both DXA and MBP.

Therefore, the percentages of study participants who considered MBP (only 17.35% of respondents in the present report, 12% in the case of Dipaola et al, 8 and 10.4% in the SENEC study 10) seem insufficient given the high prevalence of hypovitaminosis D and the chance of its relatively rapid correction.

# Surgical Strategies and Techniques in Osteoporotic Patients

Concerning the pertinent modifications of the surgical plan in the case of patients with OP, in this report, 66.4% of surgeons would alter the surgical plan to enhance fusion. Dipaola et al<sup>8</sup> found that 74% of the surgeons who reported obtaining a preoperative DXA would alter their surgical plan depending on the result; moreover, the SENEC survey<sup>9,10</sup> participants opted for altering the surgical plan in 48.7% of cases; and finally, in the AOSpine Latin America survey, 67.4% of respondents recognized unplanned modifications of the surgery in OP patients.<sup>11</sup>

In the present survey, cement-augmented screws were a good option for 77.9% of participants, versus 70% of the surgeons in the SENEC survey. <sup>10</sup> In the AOSpine Latin survey, 63% preferred the option of cement injection associated with instrumentation. <sup>11</sup>

The surgical strategy of extending instrumentation was valid in 65% of participants of the AOSpine Latin survey. <sup>11</sup> In addition, long-segment instrumentation was identified as a good option by almost 30% of participants of the SENEC survey <sup>10</sup> and by 45.1% of surgeons in the present report.

Longer fusion constructs for surgical stabilization can provide increased points of fixation that help protect against junctional or segmental failure. Authors recommended surgeons avoid starting or ending the constructs at the cervicothoracic or thoracolumbar junction and to extend the instrumentation at least 3 fixation points above and below the apex of a deformity. 12,19,20

Hybrid posterior constructs that use pedicle screws, sublaminar wires, and laminar hooks may increase pull-out strength in osteoporotic bone and improve fixation secondary to the relative preservation of cortical bone in the lamina.<sup>6</sup>

Several observational studies in patients with OP have shown that cement augmentation of pedicle screws and expandable pedicle screws can improve fusion rates and decrease complications related to OP.<sup>5</sup>

Polymethyl methacrylate augmentation of pedicle screws has been proven to increase pull-out strength by 119%–250%, but high polymerization temperature and leakage are among some of the risks associated with its use. 19,21,22

Alternatively, expansive pedicle screws have comparable pull-out strength to standard screws augmented with polymethyl methacrylate and 42.7% greater force than screws augmented with a calcium-based cement. <sup>19,21</sup>

#### Pseudoarthrosis and Osteoporosis

Regarding spine surgeons' attitudes toward pseudarthrosis, Dipaola et al<sup>8</sup> found that only 19% of surgeons requested a DXA and 20% asked for a bone metabolic profile in patients with pseudoarthrosis. In the SENEC report, 10 46.1% of respondents did not consider conducting any additional studies for the diagnosis of OP even in the case of reintervention, and only 27.6% would refer the patient to an OP specialist. In our survey, 23.8% of participants would proceed with a reintervention without any additional studies or treatment, and almost 30% opted to refer to a specialist in OP.

The decrease in BMD is an independent risk factor related to the failure of instrumentation in lumbar fusion surgery. <sup>20</sup> If revision surgery becomes necessary for an established symptomatic pseudarthrosis, it is recommended to rule out disorders that may deteriorate bone quality, such as OP, smoking, malnutrition, hyperparathyroidism, rheumatoid arthritis, and other systemic inflammatory diseases. <sup>23,24</sup> Consequently, it is reasonable (depending on the clinical context) to make the effort to diagnose and treat a potential risk factor such as OP before revision surgery in a patient with a pseudarthrosis.

## Trends and Management Patterns of Spine Surgeons Concerning Osteoporotic VCF

Regarding the participation of spine surgeons in the case of VCF, Dipaola et al<sup>8</sup> found that 60% of spine surgeons would request a DXA and 39% would ask for metabolic bone laboratory test results after a VCF. In the SENEC study, <sup>10</sup> respondents would improve OP management either by referring the patient to a specialist for medical management (59.7%) or by performing a diagnostic test to confirm OP (24%). In the present survey, 88.4%

of surgeons considered referring the patient for treatment or obtaining DXA and metabolic laboratory test results.

It has been seen that any intervention to evaluate osteoporosis in patients sustaining fragility fractures significantly increased the likelihood of treatment of OP.<sup>7</sup> On the basis of previous reports and this study, it appears that spine surgeons have registered a greater awareness and active participation in the case of VCF related to OP. In our survey, more spine surgeons would agree to screen for OP or refer patients in the case of VCF than with a suspected OP in spine surgery or pseudoarthrosis.

Although VCF, spondylarthrosis, and pseudoarthrosis can be considered different entities with different surgical treatments, it is also true that osteoporotic VCFs are merely a symptom of an underlying metabolic bone disease, and referral for OP treatment should be standard practice, as it is for candidates for spine surgery with risk factors for OP. Second, although not identical to fracture healing, fusion mass healing goes through stages of endochondral ossification and membranous bone healing<sup>7</sup>; the ultimate goal in the treatment of fractures and for fusion is to get them to heal as quickly as possible. Last, spine surgeons, who are frequently provide initial care, are in a unique position to recognize pathologic fractures or detect potential OP in patients scheduled for fusion surgery and institute proper therapy or referrals.7,8

Regarding the treatment patterns for patients with VCF, 66.2% of participants in the SENEC study<sup>10</sup> and 55.7% in the present report considered that the most appropriate treatment was vertebral augmentation after a 4–6 weeks of conservative treatment with no improvement. Nevertheless, 22.4% of respondents in the SENEC survey<sup>10</sup> and 30.3% in the present EANS survey opted for a vertebral augmentation technique (vertebroplasty or kyphoplasty) at the time of diagnosis.

The updated Cochrane review included the analysis of 5 randomized trials that compared vertebroplasty with a placebo and concluded that there was high-quality evidence that percutaneous vertebroplasty conferred no clinically important benefits concerning pain, disability, or disease-specific quality of life.<sup>25</sup>

In addition, The American Society for Bone and Mineral Research (ASBMR) created a task force to address key questions on the efficacy and safety of vertebral for patients with acutely painful osteoporotic vertebral fractures. It was founded that percutaneous vertebroplasty provides no demonstrable clinically important benefits compared with placebo or sham procedures.<sup>26</sup>

However, the ASBMR task force recommendations have aroused many criticisms. One is that they completely discount the large body of literature on vertebral augmentation, and some authors argue that vertebral augmentation is demonstrably a lifesaving and life-prolonging procedure as it can statistically save a life for every 15 patients treated. <sup>27,28</sup> In addition, the task force report does not accurately reflect the evidence for vertebroplasty in patients with severe symptoms within 6 weeks of fracture onset. The VAPOUR trial is the only blinded trial to specifically assess this patient group and found vertebroplasty to be more effective than placebo in alleviating severe pain within 6 weeks.<sup>29</sup> Consequently, there is still controversy and no consensus regarding vertebral augmentation.

Regarding the limitations of our research, one was the limited number of key questions; consequently, some important information could not be evaluated. This was balanced by the fact that the rate of response was affected by the length of the survey. This survey was conducted with surgeon members of the EANS whose practices were representative of the neurosurgical community only, and this may have produced a selection bias.

On the basis of recent reports in the literature (Table 3), there is still significant need to improve spine surgeons' awareness and OP management, because between 21% and 41% of surgeons would proceed with spine surgery without additional studies in the case of suspected OP, and 60%–80% of spine surgeons polled appeared to not consider an osteoporosis work-up to be a routine part of a pseudoarthrosis work-up. Only 10%–17% of surgeons considered getting an MBP. 16,17

Finally, the study of these practice patterns of spine surgeons gives valuable insight into the actual decision-making process in clinical practice and treatment strategy and may help in the creation of consensus guidelines. Bone mineral status measurement, MBP evaluation, and prompt referral if needed should be considered in patients older than 50 years, as a routine work-up for spine surgery, pseudoarthrosis patients, and after a VCF.

#### **CONCLUSIONS**

Spine surgeons have a key role in the proper preoperative diagnosis and treatment of OP in patients who require a spinal arthrodesis or suffer from a pseudoarthrosis or VCF.

A greater awareness of preoperative screening and increased rates of referral to the specialist in OP was found in the case of VCF compared with suspected OP or pseudoarthrosis.

There are still opportunities for improvement in the preoperative diagnosis of suspected OP and for optimization of untreated OP patients who would undergo spinal fusion surgery.

#### REFERENCES

- 1. Lubelski D, Choma TJ, Steinmetz MP, Harrop JS, Mroz TE. Perioperative medical management of spine surgery patients with osteoporosis. *Neurosurgery*. 2015;77(suppl 1):S92–S97
- 2. Hernlund E, Svedbom A, Ivergård M, et al. Osteoporosis in the European Union: medical management, epidemiology and economic burden. *Arch Osteoporos*. 2013;8(1-2):136. doi:10. 1007/s11657-013-0136-1
- 3. Chin DK, Park JY, Yoon YS, et al. Prevalence of osteoporosis in patients requiring spine surgery: incidence and significance of osteoporosis in spine disease. *Osteoporos Int.* 2007;18(9):1219–1224.
- 4. Goldstein CL, Brodke DS, Choma TJ. Surgical management of spinal conditions in the elderly osteoporotic spine. *Neurosurgery*. 2015;77(suppl 1):S98–S107.
- 5. Fischer CR, Hanson G, Eller M, Lehman RA. A systematic review of treatment strategies for degenerative lumbar spine fusion surgery in patients with osteoporosis. *Geriatr Orthop Surg Rehabil*. 2016;7(4):188–196.
- 6. Lehman RA Jr, Kang DG, Wagner SC. Management of osteoporosis in spine surgery. *J Am Acad Orthop Surg*. 2015;23(4):253–263.
- 7. Daffner SD, Karnes JM, Watkins CM. Surgeon specialty influences referral rate for osteoporosis management following vertebral compression fractures. *Global Spine J.* 2016;6(6):524–528.
- 8. Dipaola CP, Bible JE, Biswas D, Dipaola M, Grauer JN, Rechtine GR. Survey of spine surgeons on attitudes regarding osteoporosis and osteomalacia screening and treatment for fractures, fusion surgery, and pseudoarthrosis. *Spine J*. 2009;9(7):537–544.
- 9. Chami G, Jeys L, Freudmann M, Connor L, Siddiqi M. Are osteoporotic fractures being adequately investigated? A questionnaire of GP and orthopaedic surgeons. *BMC Fam Pract*. 2006;7(1):1–5.
- 10. Díaz-Romero RP, Sosa MH, Armas KM, Coloma GV. Trends and attitudes of spine surgeons regarding osteoporosis. *Neurocirugia* (*Astur*). 2019;30(6):268–277.
- 11. Pantoja S, Molina M. Surgeon management of osteoporosis in instrumented spine surgery: AOSpine Latin America Survey. *Global Spine J.* 2019;9(2):169–172.
  - 12. DeWald CJ, Stanley T. Instrumentation-related compli-

- cations of multilevel fusions for adult spinal deformity patients over age 65: surgical considerations and treatment options in patients with poor bone quality. *Spine*. 2006;31(19S):S144–S151.
- 13. Nagahama K, Kanayama M, Togawa D, Hashimoto T, Minami A. Does alendronate disturb the healing process of posterior lumbar interbody fusion? A prospective randomized trial. *J Neurosurg Spine*. 2011;14(4):500–507.
- 14. Chen F, Dai Z, Kang Y, Lv G, Keller ET, Jiang Y. Effects of zoledronic acid on bone fusion in osteoporotic patients after lumbar fusion. *Osteoporos Int.* 2016;27(4):1469–1476
- 15. Ohtori S, Inoue G, Orita S, et al. Comparison of teriparatide and bisphosphonate treatment to reduce pedicle screw loosening after lumbar spinal fusion surgery in postmenopausal women with osteoporosis from a bone quality perspective. *Spine*. 2013;38(8):E487–E492.
- 16. Kim TH, Lee BH, Lee HM, et al. Prevalence of vitamin D deficiency in patients with lumbar spinal stenosis and its relationship with pain. *Pain Physician*. 2013;16(2):165–176.
- 17. Ravindra VM, Godzik J, Guan J, et al. Prevalence of vitamin D deficiency in patients undergoing elective spine surgery: a cross-sectional analysis. *World Neurosurg*. 2015;83(6):1114–1119.
- 18. Stoker GE, Buchowski JM, Bridwell KH, Lenke LG, Riew KD, Zebala LP. Preoperative vitamin D status of adults undergoing surgical spinal fusion. *Spine*. 2013;38(6):507–515.
- 19. Tomé-Bermejo F, Piñera AR, Alvarez-Galovich L. Osteoporosis and the management of spinal degenerative disease (I). *Arch Bone Joint Surg.* 2017;5(5):272.
- 20. Lattig F. Bone cement augmentation in the prevention of adjacent segment failure after multilevel adult deformity fusion. *Clin Spine Surg.* 2009;22(6):439–443.
- 21. Ponnusamy KE, Iyer S, Gupta G, Khanna AJ. Instrumentation of the osteoporotic spine: biomechanical and clinical considerations. *Spine J.* 2011;11(1):54–63.
- 22. Shea TM, Laun J, Gonzalez-Blohm SA, et al. Designs and techniques that improve the pullout strength of pedicle screws in osteoporotic vertebrae: current status. *Biomed Res Int.* 2014; 48:49. doi:10.1155/2014/748393
- 23. Ondra SL, Marzouk S. Revision strategies for lumbar pseudarthrosis. *Neurosurg Focus*. 2003;15(3):1–5.
- 24. Choma TJ, Rechtine G, McGuire RA, Brodke, DS. Treating the aging spine. *J Am Acad of Orthop Surg*. 2015;23(12):91–100.
- 25. Johnston RV, Rischin KJ, Homik J, et al. Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture. *Cochrane Database Syst Rev.* 2018(4): CD006349. doi:10.1002/14651858
- 26. Ebeling PR, Akesson K, Bauer DC, et al. The efficacy and safety of vertebral augmentation: a second ASBMR task force report. *J Bone Miner Res.* 2019;34(1):3–21.
- 27. Chen AT, Cohen DB, Skolasky RL. Impact of nonoperative treatment, vertebroplasty, and kyphoplasty on survival and morbidity after vertebral compression fracture in the Medicare population. *J Bone Joint Surg Am*. 2013;95(19):1729–1736. doi:10.2106/JBJS.K.01649
- 28. Hirsch JA, Chandra RV, Carter NS, Beall D, Frohbergh M, Ong K. Number needed to treat with vertebral augmentation to save a life. *Am J Neuroradiol*. 2020;41(1):178–182.
- 29. Clark W, Bird P, Gonski P, et al. Safety and efficacy of vertebroplasty for acute painful osteoporotic fractures (VA-

POUR): a multicentre, randomised, double blind, placebocontrolled trial.  $Lancet.\ 2016;388(10052):1408-1416.$ 

**Disclosures and COI:** The authors received no funding for this study and report no conflicts of interest.

**Corresponding Author:** Ricardo Díaz-Romero, MD, Department of Neurosurgery, Hospital Insular of las Palmas, Plaza Doctor Pasteur, s/n, 35016, Las Palmas de Gran Canaria, Spain. Phone:

928494000; Fax: 928494782; Email: ricdrp@yahoo.

Published 0 Month 2021

This manuscript is generously published free of charge by ISASS, the International Society for the Advancement of Spine Surgery. Copyright © 2021 ISASS. To see more or order reprints or permissions, see http://ijssurgery.com.

#### V. CONCLUSIONES

## Capítulo 1

- 1. La prevalencia de osteoporosis según los criterios de la OMS por densitometría en nuestra serie fue relativamente baja (9,6%), y la de osteopenia similar a otros reportes (34,6%).
- 2. Una gran proporción de pacientes con osteopenia (69,4%) tuvieron una microarquitectura ósea degradada o parcialmente degradada por el TBS, información que resulto muy útil a la hora de evaluar la calidad ósea.
- 3. A través de una evaluación completa del estado de salud ósea integrando el FRAX, y el TBS a la medición del DMO, un 37,5% de pacientes candidatos a cirugía de raquis padecieron de una con mala calidad ósea.
- 4. Se registró una alta prevalencia de hipovitaminosis D en los pacientes candidatos de cirugía de columna cercana al 80%, en consonancia a otros reportes que advierten sobre esta proporción tan significativa.
- 5. Se observo una discreta pero significativa correlación entre una mayor puntuación en las escalas del dolor lumbar y cervical con niveles más bajos de densidad mineral ósea.
- 6. La deficiente calidad ósea y los niveles bajos de vitamina D son bastante comunes entre los pacientes mayores de 50 años que se someten a una cirugía de columna.
- 7. La DXA por sí sola es insuficiente en la identificación preoperatoria de casos de deterioro de la calidad ósea en pacientes para una cirugía de columna. La integración del FRAX y la valoración de calidad ósea mediante TBS aumentaron de forma significativa la sensibilidad para la detección de pacientes con una deteriorada calidad ósea.
- 8. Por los motivos mencionados previamente nuestros resultados orientan claramente en favor de la implementación de esta valoración integral en los pacientes con riesgo de tener una baja calidad ósea que se van a someter a una cirugía de raquis.

# Capítulo 2

En cuanto a las tendencias en el manejo los cirujanos de columna de los pacientes con osteoporosis las conclusiones principales.

# A nivel nacional fueron:

- Aproximadamente un tercio de los cirujanos de columna no se plantea solicitar estudios de confirmen una sospecha de osteoporosis previas a una cirugía o intervienen a pacientes osteoporóticos sin estudios adicionales.
- 2. A pesar de contar con múltiples estrategias quirúrgicas que mejoran la fusión ósea y disminuyen las complicaciones posoperatorias, poco menos de la mitad de los encuestados optaría por modificar su estrategia quirúrgica en los pacientes con osteoporosis. De forma similar en la pseudoartrosis casi la mitad de los encuestados no considera necesario el diagnóstico preoperatorio de osteoporosis.
- 3. En el caso de fracturas vertebrales osteoporóticas existe una mejor concienciación para la referencia y optimización de la osteoporosis, ya que el 80% de los cirujanos se planteó alguna medida que facilitaría el tratamiento de la osteoporosis.
- Una mayor participación y concienciación del cirujano de columna en el diagnóstico y tratamiento preoperatorio de la osteoporosis, es altamente recomendable a la luz de los datos de esta encuesta.

A <u>nivel internacional</u> las conclusiones principales fueron:

- 5. En la encuesta internacional, principalmente a nivel europeo, solo un tercio de los cirujanos de columna se plantea referir al paciente al especialista en osteoporosis antes de la cirugía y el 21,5% optaría por realizar la cirugía sin estudios adicionales. Sin embargo, dos tercios de los encuestados modificaría la estrategia quirúrgica en el caso de osteoporosis, una proporción mayor que en el estudio nacional.
- 6. Los cirujanos de columna no consideraron a la osteoporosis como un factor lo bastante relevante para el desarrollo de pseudoartrosis, ya que menos de un tercio (29,5%) de los cirujanos optaron por derivar al paciente a un especialista en osteoporosis para su diagnóstico y tratamiento.

- 7. Aunque existen diversas de técnicas enfocadas al paciente afecto de osteoporosis, en ambos estudios la técnica más popular fue la colocación de tornillos pediculares cementados.
- 8. En relación a las fracturas vertebrales por compresión osteoporóticas, en ambos estudios nacional e internacional, la mayoría de los cirujanos optó por la estrategia terapéutica de tratamiento conservador durante 4 a 6 semanas y en caso de no mejoría la realización de vertebroplastia o cifoplastia.
- 9. Existe una tendencia a favor de las fracturas vertebrales por compresión osteoporóticas en cuanto a estudios preoperatorios y referencia al especialista en osteoporosis en comparación a los pacientes con sospecha de osteoporosis para cirugía de columna o pseudoartrosis.
- 10. Existen amplias posibilidades de mejorar el diagnóstico y tratamiento oportunos de la osteoporosis en pacientes con cirugía de columna, con pseudoartrosis o con una FCV. Es recomendable una mayor concienciación y educación continua de los profesionales, y en especial de los cirujanos de columna, ya que juegan un rol estratégico en la correcta referencia y optimización de estos pacientes que se traduciría en menos complicaciones y mejores tasas de fusión ósea en artrodesis de columna.

# VI. BIBLIOGRAFÍA

# Capítulo 1

- 1. World Health Organization. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: report of a WHO study group [meeting held in Rome June 22-25, 1992].
- 2. Cosman, F., de Beur, S. J., LeBoff, M. S., Lewiecki, E. M., Tanner, B., Randall, S., & Lindsay, R. Clinician's guide to prevention and treatment of osteoporosis. *Osteoporosis international*. 2014;25(10), 2359-2381.
- 3. Baim, S., Wilson, C. R., Lewiecki, E. M., Luckey, M. M., Downs Jr, R. W., & Lentle, B. C. (). Precision assessment and radiation safety for dual-energy X-ray absorptiometry: position paper of the International Society for Clinical Densitometry. *Journal of Clinical Densitometry*. 2005;8(4), 371-378.
- 4. Siris ES, Adler R, Bilezikian J, et al. The clinical diagnosis of osteoporosis: a position statement from the National Bone Health Alliance Working Group. *Osteoporos Int*. 2014;25(5):1439-1443.
- 5. Black DM, Rosen CJ. Clinical Practice. Postmenopausal Osteoporosis. *N Engl J Med*. 2016;374(3):254-262.
- 6. Carey, J. J., & Buehring, B. Current imaging techniques in osteoporosis. *Clin Exp Rheumatol*, 2018;36(Suppl 114):115-26.
- 7. Azagra R, Lopez-Exposito F, Martin-Sanchez JC, Aguye A, Moreno N, Cooper C, et al. Changing trends in the epidemiology of hip fracture in Spain. *Osteoporos Int*. 2014;25(4):1267-1274
- 8. Kanis JA, Borgstrom F, Compston J, Dreinhofer K, Nolte E, Jonsson L, et al. SCOPE: a scorecard for osteoporosis in Europe. *Arch Osteoporos*. 2013;8:144.
- 9. Curiel, M. D., García, J. J., Carrasco, J. L., Honorato, J., Cano, R. P., Rapado, A., & Sanz, C. Á. Prevalencia de osteoporosis determinada por densitometría en la población femenina española. *Medicina clínica*. 2001;116(3), 86-88.
- 10. de Mendoza, M. H. Clasificación de la osteoporosis. Factores de riesgo. Clínica y diagnóstico diferencial Classification of osteoporosis. Risk factors. Clinical manifestations and differential diagnosis. *An. Sist. Sanit. Navar*, 2003:26(Suplemento 3).
- 11. Oei L, Koromani F, Rivadeneira F, Zillikens MC, Oei EH. Quantitative imaging methods in osteoporosis. *Quant Imaging Med Surg.* 2016;6(6):680-698.
- 12. Carey JJ, Delaney MF, Love TE *et al.*: Dual-energy X-ray absorptiometry diagnostic discordance between Z-scores and T-scores in young adults. *J Clin Densitom* 2009; 12: 11-6.
- 13. Zou D, Jiang S, Zhou S, et al. Prevalence of osteoporosis in patients undergoing lumbar fusion for lumbar degenerative diseases: a combination of DXA and Hounsfield units. *Spine*. 2020; 45(7):E406-E410.

- 14. Gomez-Vaquero C, Roig-Vilaseca D, Bianchi M, Santo P, Narvaez J, Nolla JM. [Assessment of a set of FRAX((R))-based criteria for the indication of bone densitometry in Spanish postmenopausal women]. *Med Clin* (Barc). 2013;140(10):439-443
- 15. Kanis, J. A., Johansson, H., Harvey, N. C., & McCloskey, E. V. (2018). A brief history of FRAX. *Archives of osteoporosis*, *13*(1), 1-16.
- 16. Kanis JA, Oden A, Johansson H, Borgstro"m F, Stro"m O, McCloskey E. FRAX® and its applications to clinical practice. *Bone*. 2009;44(5):734-743
- 17. Azagra R, Zwart M, Aguye A, Martin-Sanchez JC, Casado E, Diaz-Herrera MA, et al. Fracture experience among participants from the FROCAT study: what thresholding is appropriate using the FRAX tool? *Maturitas*. 2016;83:65-71.
- 18. Martineau P, Leslie WD, Johansson H, et al. In which patients does lumbar spine trabecular bone score (TBS) have the largest effect? *Bone*. 2018;113:161-168.
- 19. Cormier C, Lamy O, Poriau S. TBS in routine clinical practice: proposals of use. Medimaps Group, 2012. <a href="http://www.medi">http://www.medi</a> mapsgroup.com/upload/MEDIMAPS-UK-WEB.pdf.
- 20. Silva BC, Bilezikian JP. Trabecular bone score: perspectives of an imaging technology coming of age. *Arq Bras Endocrinol Metabol*. 2014;58(5):493-503.
- 21. Jeor, J. D. S., Jackson, T. J., Xiong, A. E., Kadri, A., Freedman, B. A., Sebastian, A. S., ... & Elder, B. D. Osteoporosis in spine surgery patients: what is the best way to diagnose osteoporosis in this population?. *Neurosurgical focus*. 2020;49(2), E4.
- 22. Kohan EM, Nemani VM, Hershman S, Kang DG, Kelly MP. Lumbar computed tomography scans are not appropriate surrogates for bone mineral density scans in primary adult spinal deformity. *Neurosurg Focus*. 2017;43(6):E4.
- 23. Kobayashi, K., Ando, K., Nishida, Y., Ishiguro, N., & Imagama, S. Epidemiological trends in spine surgery over 10 years in a multicenter database. *European Spine Journal*. 2018;27(8), 1698-1703.
- 24. Goldstein CL, Brodke DS, Choma T J. Surgical management of spinal conditions in the elderly osteoporotic spine. *Neurosurgery*. 2015;77:S98-107
- 25. Banse C, Ould-Slimane M, Foulongne E, et al. Impact of assessment of bone status before corrective surgery of lumbar spine in patients over 50 years old. *Open Access Rheumatol*. 2019;11: 111-115.
- 26. Chin, D. K., Park, J. Y., Yoon, Y. S., Kuh, S. U., Jin, B. H., Kim, K. S., & Cho, Y. E. Prevalence of osteoporosis in patients requiring spine surgery: incidence and significance of osteoporosis in spine disease. *Osteoporosis international*. 2007;18(9), 1219-1224.
- 27. Wagner S, Kang DG, Steelman T, Helgeson MD, Lehman RA. Diagnosing the undiagnosed: osteoporosis in patients undergoing lumbar fusion. *Spine J.* 2016;16(10):S301

- 28. Burch S, Feldstein M, Hoffmann PF, Keaveny TM. Prevalence of poor bone quality in women undergoing spinal fusion using biomechanical-CT analysis. *Spine*. 2016;41(3):246-252.
- 29. Schmidt T, Ebert K, Rolvien T, et al. A retrospective analysis of bone mineral status in patients requiring spinal surgery. *BMC Musculoskelet Disord*. 2018;19(1):53.
- 30. Bjerke BT, Zarrabian M, Aleem IS, et al. Incidence of osteoporosis-related complications following posterior lumbar fusion. *Global Spine J.* 2018;8(6):563-569.
- 31. Holick, Michael F. "High prevalence of vitamin D inadequacy and implications for health." *Mayo Clinic Proceedings*. Elsevier. 2006;81:3.
- 32. González-Padilla, E., López, A. S., González-Rodríguez, E., García-Santana, S., Mirallave-Pescador, A., Marco, M. D. V. G., ... & Henríquez, M. S. (2011). Elevada prevalencia de hipovitaminosis D en los estudiantes de medicina de Gran Canaria, Islas Canarias (España). *Endocrinología y nutrición*, 58(6), 267-273.
- 33. Kim, T. H., Yoon, J. Y., Lee, B. H., Jung, H. S., Park, M. S., Park, J. O., ... & Moon, S. H. (2012). Changes in vitamin D status after surgery in female patients with lumbar spinal stenosis and its clinical significance. *Spine*. *37*(21):E1326-E1330.
- 34. Stoker, Geoffrey E., et al. "Preoperative vitamin D status of adults undergoing surgical spinal fusion." *Spine*. 2013;38.6: 507-515.
- 35. Kim, T. H., Lee, B. H., Lee, H. M., Lee, S. H., Park, J. O., Kim, H. S., ... & Moon, S. H. Prevalence of vitamin D deficiency in patients with lumbar spinal stenosis and its relationship with pain. *Pain physician*, 2013;16(2):165.
- 36. Ravindra, V. M., Godzik, J., Guan, J., Dailey, A. T., Schmidt, M. H., Bisson, E. F., ... & Ray, W. Z. (2015). Prevalence of vitamin D deficiency in patients undergoing elective spine surgery: a cross-sectional analysis. *World Neurosurg*. 2015;83(6):1044-5
- 37. Adogwa, O., Owens, R., Karikari, I., Agarwal, V., Gottfried, O. N., Bagley, C. A., ... & Cheng, J. S. Revision lumbar surgery in elderly patients with symptomatic pseudarthrosis, adjacent-segment disease, or same-level recurrent stenosis. Part 2. A cost-effectiveness analysis: clinical article. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2013;18(2), 147-153

# Capítulo 2

- 38. León Vázquez, F., Bonis, J., Bryant Cerezo, V., Herrero Hernández, S., Jamart Sánchez, L., & Díaz Holgado, A. Prevención de fractura osteoporótica en España: uso de fármacos antes y después de una fractura de cadera. *Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral*. 2015;7(2), 54-62.
- 39. Rozental, T. D., Makhni, E. C., Day, C. S., & Bouxsein, M. L. Improving evaluation and treatment for osteoporosis following distal radial fractures. *The Journal of Bone & Joint Surgery*. 2008;90(5), 953-961.

- 40. Daffner, S. D., Karnes, J. M., & Watkins, C. M. Surgeon Specialty Influences Referral Rate for Osteoporosis Management following Vertebral Compression Fractures. *Global spine journal*. 2016;6(06), 524-528.
- 41. Dipaola, C. P., Bible, J. E., Biswas, D., Dipaola, M., Grauer, J. N., & Rechtine, G. R. Survey of spine surgeons on attitudes regarding osteoporosis and osteomalacia screening and treatment for fractures, fusion surgery, and pseudoarthrosis. *The Spine Journal*. 2009;9(7), 537-544.
- 42. Pantoja, Samuel, and Marcelo Molina. "Surgeon management of osteoporosis in instrumented spine surgery: AOSpine Latin America Survey." *Global spine journal*. 2019;9(2):169-172.
- 43. Goldstein, C. L., Brodke, D. S., & Choma, T. J. Surgical management of spinal conditions in the elderly osteoporotic spine. *Neurosurgery*. 2015:77, S98-S107.
- 44. Lubelski, D., Choma, T. J., Steinmetz, M. P., Harrop, J. S., & Mroz, T. E. Perioperative Medical Management of Spine Surgery Patients With Osteoporosis. *Neurosurgery*. 2015;77, S92-S97.
- 45. Okuyama, K., Abe, E., Suzuki, T., Tamura, Y., Chiba, M., & Sato, K. Influence of bone mineral density on pedicle screw fixation: a study of pedicle screw fixation augmenting posterior lumbar interbody fusion in elderly patients. *The Spine Journal*. 2001; *I*(6), 402-407.
- 46. Díaz-Romero Paz, R., and P. Reimunde Figueira. "Osteoporosis y cirugía de raquis: estrategias de tratamiento médico." *Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral*. 2018;10.1:41-54.
- 47. DeWald CJ, Stanley T. Instrumentation-related complications of multilevel fusions for adult spinal deformity patients over age 65: surgical considerations and treatment options in patients with poor bone quality. *Spine* (Phila Pa 1976). 2006;31(Suppl 19):S144-51.
- 48. Hitchon PW, Brenton MD, Coppes JK, From AM, Torner JC. Factors affecting the pullout strength of selfdrilling and self-tapping anterior cervical screws. *Spine* (Phila Pa 1976). 2003;28(1):9-13.
- 49. Lim TH, Kwon H, Jeon CH, Kim JG, Sokolowski M, Natarajan R, et al. Effect of endplate conditions and bone mineral density on the compressive strength of the graft-endplate interface in anterior cervical spine fusion. *Spine* (Phila Pa 1976). 2001;26(8):951-6.
- 50. Yagi M, Akilah KB, Boachie-Adjei. Incidence, risk factors and classification of proximal junctional kyphosis: surgical outcomes review of adult idiopathic scoliosis. *Spine* (Phila Pa 1976). 2011;36(1):E60-8.
- 51. Maruo K, Ha Y, Inoue S, Samuel S, Okada E, Hu SS, et al. Predictive factors for proximal junctional kyphosis in long fusions to the sacrum in adult spinal deformity. *Spine* (Phila Pa 1976). 2013;38(23):E1469-76
- 52. Slimack NP, Bae HW. Commentary: Therapies for osteoporosis: are they good for spinal fusion. *Spine J.* 2013;13(2):200-1.

- 53. Hirsch, B P, Unnanuntana A, Cunningham ME, Lane JM. The effect of therapies for osteoporosis on spine fusion: a systematic review. *Spine J.* 2013;13(2):190-9.
- 54. Nakao S, Minamide A, Kawakami M, Boden SD, Yoshida M. The influence of alendronate on spine fusion in an osteoporotic animal model. *Spine* (Phila Pa 1976). 2011;36:1446-52.
- 55. Kim TH, Yoon JY, Lee BH, Jung HS, Park MS, Park JO, et al. Changes in vitamin D status after surgery in female patients with lumbar spinal stenosis and its clinical significance. *Spine* (Phila Pa 1976). 2012;37(21):E1326-30.
- 56. Nagahama K, Kanayama M, Togawa D, Hashimoto T, Minami A. Does alendronate disturb the healing process of posterior lumbar interbody fusion? A prospective randomized trial: Clinical article. *J Neurosurg Spine*. 2011;14(4):500-7.
- 57. Park YS, Kim HS, Baek SW, Kong DY, Ryu JA. The effect of zoledronic acid on the volume of the fusion mass in lumbar spinal fusion. *Clin Orthop Surg.* 2013;5(4):292-7.
- 58. Tu CW, Huang KF, Hsu HT, Li HY, Yang SS, Chen YC. Zoledronic acid infusion for lumbar interbody fusion in osteoporosis. *J Surg Res.* 2014;192(1):112-6.
- 59. Chen F, Dai Z, Kang Y, Lv G, Keller ET, Jiang Y. Effects of zoledronic acid on bone fusion in osteoporotic patients after lumbar fusion. *Osteoporos Int*. 2016;27(4):1469-76.
- 60. Ohtori S, Inoue G, Orita S, Yamauchi K, Eguchi Y, Ochiai N, et al. Teriparatide accelerates lumbar posterolateral fusion in women with postmenopausal osteoporosis:prospective study. *Spine* (Phila Pa 1976). 2012;37(23):E1464-8.
- 61. Ohtori S, Inoue G, Orita S, Yamauchi K, Eguchi Y, Ochiai N, et al. Comparison of teriparatide and bisphosphonate treatment to reduce pedicle screw loosening after lumbar spinal fusion surgery in postmenopausal women with osteoporosis from a bone quality perspective. *Spine* (Phila Pa 1976). 2013;38(8):E487-92.
- 62. Tan JS, Kwon BK, Dvorak MF, Fisher CG, Oxland TR. Pedicle screw mo-tion in the osteoporotic spine after augmentation with laminar hooks, sublaminar wires, or calcium phosphate cement: a comparative analysis. *Spine* (Phila Pa 1976). 2004;29(16):1723-30.
- 63. Brodke DS, Bachus KN, Mohr RA, Nguyen BK. Segmental pedicle screw fixation or cross-links in multilevel lumbar constructs. a biomechanical analysis. *Spine J.* 2001;1(5):373-9.
- 64. Suzuki T, Abe E, Okuyama K, Sato K. Improving the pullout strength of pedicle screws by screw coupling. *J Spinal Disord*. 2001;14(5):399-403.
- 65. Battula S, Schoenfeld AJ, Sahai V, Vrabec GA, Tank J, Njus GO. The ef-fect of pilot hole size on the insertion torque and pullout strength of self-tapping cortical bone screws in steoporotic bone. *J Trauma*. 2008;64(4):990-5.
- 66. Halvorson TL, Kelley LA, Thomas KA, Whitecloud TS III, Cook SD. Effects of bone mineral density on pedicle screw fixation. *Spine* (Phila Pa 1976). 1994;19(21):2415-20.

- 67. Carmouche JJ, Molinari RW, Gerlinger T, Devine J, Patience T. Effects of pilot hole reparation technique on pedicle screw fixation in different regions of the osteoporotic thoracic and lumbar spine. *J Neurosurg Spine*. 2005;3(5):364-70.
- 68. Ponnusamy KE, Iyer S, Gupta G, Khanna AJ. Instrumentation of the osteoporotic spine: biomechanical and clinical considerations. *Spine J.* 2011;11(1):54-63.
- 69. Luk KD, Chen L, Lu WW. A stronger bicortical sacral pedicle screw fixation through the s1 endplate: an in vitro cyclic loading and pull-out force evaluation. *Spine* (Phila Pa 1976). 2005;30(5):525-9.
- 70. Paik H, Dmitriev AE, Lehman RA Jr, Gaume RE, Ambati DV, Kang DG, et al. The biomechanical effect of pedicle screw hubbing on pullout resistance in the thoracic spine. *Spine J.* 2012;12(5):417-24.
- 71. Santoni BG, Hynes RA, McGilvray KC, Rodriguez- Canessa G, Lyons AS, Henson MA, et al. Cortical bone trajectory for lumbar pedicle screws. *Spine* J.2009;9(5):366-73.
- 72. Inceoglu S, Montgomery WH Jr, St Clair S, McLain RF. Pedicle screw in-sertion angle and pullout strength: comparison of 2 proposed strategies. J *Neurosurg Spine*. 2011;14(5):670-6.
- 73. Lee GW, Son JH, Ahn MW, Kim HJ, Yeom JS. The comparison of pedicle screw and cortical screw in posterior lumbar interbody fusion: a prospective randomized noninferiority trial. *Spine J.* 2015;15(7):1519-26.
- 74. Brantley AG, Mayfield JK, Koeneman JB, Clark KR. The effects of pedicle screw fit. An in vitro study. *Spine* (Phila Pa 1976). 1994;19(15):1752-8.
- 75. Bianco RJ, Arnoux PJ, Wagnac E, Mac-Thiong JM, Aubin CE. Minimizing pedicle screw pullout risks: a detailed biomechanical analysis of screw design and placement. *Clin Spine Surg.* 2017;30(3):E226-32.
- 76. Kim YY, Choi WS, Rhyu KW. Assessment of pedicle screw pullout strength based on various screw designs and bone densities-an ex vivo biomechanical study. *Spine J.* 2012;12(2):164-8.
- 77. Pfeifer BA, Krag MH, Johnson C. Repair of failed transpedicle screw fixation. A biomechanical study comparing polymethylmethacrylate, milled bone, and matchstick bone reconstruction. *Spine* (Phila Pa 1976). 1994;19(3):350-3.
- 78. Aydogan M, Ozturk C, Karatoprak O, Tezer M, Aksu N, Hamzaoglu A. The pedicle screw fixation with vertebroplasty augmentation in the surgical treatment of the severe osteoporotic spines. *J Spinal Disord Tech.* 2009;22(6):444-7.
- 79. Choma TJ, Frevert WF, Carson WL, Waters NP, Pfeiffer FM. Biomechanical analysis of pedicle screws in osteoporotic bone with bioactive cement augmentation using simulated in vivo multicomponent loading. *Spine* Phila Pa 1976). 2011;36(6):454-62.

- 80. Kerry G, Ruedinger C, Steiner HH. Cement embolism into the venous system after pedicle screw fixation: case report, literature review, and prevention tips. *Orthop Rev.* (Pavia). 2013;5(3):E24.
- 81. Cook SD, Salkeld SL, Stanley T, Faciane A, Miller SD. Biomechanical study of pedicle screw fixation in severely osteoporotic bone. *Spine J.* 2004;4(4):402-8.
- 82. Cook SD, Salkeld SL, Whitecloud TS III, Barbera J. Biomechanical evaluation and preliminary clinical experience with an expansive pedicle screw design. J *Spinal Disord*. 2000;13(3):230-6.
- 83. Gao M, Lei W, Wu Z, Liu D, Shi L. Biomechanical evaluation of fixation strength of conventional and expansive pedicle screws with or without calcium based cement augmentation. *Clin Biomech*. (Bristol, Avon). 2011;26(3):238-44.
- 84. Matthis C, Schlaich C, Scheidt-Nave C, Raspe A, Raspe H. Die europäische Studie zur vertebralen Osteoporose (EVOS): Teilnahmebereitschaft und Selektionsverzerrung in Deutschland [European Study of Vertebral Osteoporosis (EVOS): cooperation of participants and selection bias in Germany]. *Med Klin* (Munich). 1998 Mar 15;93 Suppl 2:18-25. German. doi: 10.1007/BF03041994. PMID: 9564153.
- 85. Heini, P.F. The current treatment—a survey of osteoporotic fracture treatment. Osteoporotic spine fractures: the spine surgeon's perspective. *Osteoporos Int.* 2005;**16:**S85–S92. https://doi.org/10.1007/s00198-004-1723-1
- 86. Martínez-Quiñones JV, Aso-Escario J, Arregui-Calvo R. Refuerzo vertebral percutáneo: vertebroplastia y cifoplastia. Procedimiento técnico. *Neurocirugía*. 2005;16:427.
- 87. Barr JD, Jensen ME, Hirsch JA, McGraw JK, Barr RM, Brook AL, et al. Position statement on percutaneous vertebral augmentation: a consensus statement developed by the Society of Interventional Radiology (SIR), American Association of Neurological Surgeons (AANS) and the Congress of Neurological Surgeons (CNS), American College of Radiology (ACR), American Society of Neuroradiology (ASNR), American Society of Spine Radiology (ASSR), Canadian Interventional Radiology Association (CIRA), and the Society of NeuroInterventional Surgery (SNIS). *J Vasc Interv Radiol.* 2014;25:171-81.
- 88. Wardlaw D, Cummings SR, Van Meirhaeghe J, Bastian L, Tillman JB, Ranstam J, et al. Efficacy and safety of balloon kyphoplasty compared with non-surgical care for vertebral compression fracture (FREE): a randomised controlled trial. *Lancet*. 2009;373:1016-24.
- 89. Klazen CAH, Lohle PNM, de Vries J, Jansen FH, Tielbeek AV, Blonk MC, et al. Vertebroplasty versus conservative treatment in acute osteoporotic vertebralcompression fractures (VERTOS II): an open-label randomised trial. *Lancet*. 2010;376:1085-92.
- 90. Farrokhi MR, Alibai E, Maghami Z. Randomized controlled trial of percutaneous vertebroplasty versus optimal medical management for the relief of pain and disability in acute osteoporotic vertebral compression fractures. J *Neurosurg Spine*. 2011;14:561-9.
- 91. Rousing R, Hansen KL, Andersen MO, Jespersen SM, Thomsen K, Lauritsen JM. Twelvemonths follow-up in forty-nine patients with acute/semiacute osteoporotic vertebral

- fractures treated conservatively or with percutaneous vertebroplasty: a clinical randomized study. *Spine* (Phila Pa 1976). 2010;35:478-82.
- 92. Kallmes DF, Comstock BA, Heagerty PJ, Turner JA, Wilson DJ, Diamond TH, et al. A randomized trial of vertebroplasty for osteoporotic spinal fractures. *N Engl J Med*. 2009;361:569-79.
- 93. Buchbinder R, Osborne RH, Ebeling PR, Wark JD, Mitchell P, Wriedt C, et al. A randomized trial of vertebroplasty for painful osteoporotic vertebral fractures. *N Engl J Med*. 2009;361:557-68.
- 94. 61. Rousing R, Andersen MO, Jespersen SM, Thomsen K, Lauritsen J. Percutaneous vertebroplasty compared to conservative treatment in patients with painful acute or subacute osteoporotic vertebral fractures: three-month follow-up in a clinical randomized study. *Spine* (Phila Pa 1976). 2009;34:1349-54.

#### **VII ANEXOS**

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS COLUMNA LUMBAR

Fecha: Teléfono:

Nombre:

Sexo: 1. Varón 2. Mujer HC: Edad:

FACTORES DE RIESGO PARA OSTEOPOROSIS

Edad de Menopausia:

Fractura previa; 1. Espontáneo 2. Trauma Padres con fractura de cadera: 1. Sí 2. No

Tabaquismo: 1 sí 2 No 3 exfumador Alcohol: 1 sí 2 No 3 exbebedor

Actividad física: 1 sedentaria 2 ligera 3 moderada Ingesta habitual de calcio mg/día

Suplementación vitamínica

**ENFERMEDADES**: Artritis reumatoide 1 sí 2 no Asma 1 sí 2 no

Osteoporosis secundaria: 1 sí 2 no DM1, hiperpartiroidismo, malabsorción, hepatopatías, cáncer otros

FÁRMACOS Glucocorticoides 1 sí 2 no Antiepilépticos 1 sí 2 no Antidepresivos 1 sí 2 no

**EXPLORACIÓN FÍSICA:** Talla: (cm) Peso: (kg)

**DENSITOMETRÍA** (g/cm2): L2/L4: Cuello: Total: Trocánter: Intertroc.:

TBS (L2L4):

ULTRASONIDO: BUA: Db/MgHz SOS: m/s QUI:

**ANALÍTICA PERIOPERATORIA**: 25-HCC:

DIAGNÓSTICO RAQUIS:

**DIAGNÓSTICO DE DMO**: 1 normal 2 osteopenia 3 osteoporosis 4 osteoporosis severa

NIVELES DE VITAMINA D: 1 normal 2 insuficiente 3 deficiente

TRATAMIENTO INDICADO: Calcio 1 incremento de dieta 2 no modif 3 Ca solo 4 Ca+ Vit D

Fármaco 1 Alendronato 2 Zolendronato 3 Calcitonina 4 Denosumab 5 No requiere

ESCALA DE DISCAPACIDAD OSWESTRY PREOPERATORIO: %

ESCALA VISUAL ANALÓGICA (EVA) DE DOLOR PREOPERATORIA: /10

ESCALA DE DISCAPACIDAD OSWESTRY SEGUIMIENTO (6-12 meses): %

ESCALA VISUAL ANALÓGICA (EVA) DE DOLOR SEGUIMIENTO (6-12 meses): /10

**ANALÍTICA SEGUIMIENTO: 25-HCC:** 

CONTROL RADIOLÓGICO DE FUSIÓN ÓSEA (6.-12 MESES)

Fusión posterolateral: 1. Fusión intertransversa 2 Sin Fusión intertransversa o signos pseudoartrosis

Rx dinámicas: 1.Sin movimientos 2. Translación mayor de 3 mm o movimiento angular mayor a 5º

Fusión intersomática: 1 Grado A puentes óseos entre las dos vértebras. 2 Grado B puentes óseos en el cuerpo

vertebral superior o inferior 3 Grado C puente óseo incompleto.

#### Indice de Discapacidad de Oswestry (ODI) Versión 2.0 o Cuestionario de Discapacidad de Oswestry para Dolor de Espalda

#### 1.Intensidad del dolor

- O Puedo soportar el dolor sin necesidad de tomar calmantes [0 puntos]
- O El dolor es fuerte pero me manejo sin tomar calmantes [1 punto]
- O Los calmantes me alivian completamente el dolor [2 puntos]
- Los calmantes me alivian un poco el dolor [3 puntos]
- Los calmantes apenas me alivian el dolor [4 puntos]
- O Los calmantes no me alivian el dolor y no los tomo [5 puntos]

#### 2. Cuidados personales

- O Me las puedo arreglar solo sin que me aumente el dolor [0 puntos]
- Me las puedo arreglar solo pero esto me aumenta el dolor [1 punto]
- Los cuidados personales me producen dolor y tengo que hacerlo despacio y con cuidado [2 puntos]
- Necesito alguna ayuda pero consigo hacer la mayoría de las cosas yo solo [3 puntos]
- Necesito ayuda para hacer la mayoría de las cosas [4 puntos]
- No puedo vestirme, me cuesta lavarme y suelo quedarme en la cama [5 puntos]

#### 3.Levantar peso

- O Puedo levantar objetos pesados sin que me aumente el dolor [0 puntos]
- O Puedo levantar objetos pesados pero me aumenta el dolor [1 punto]
- El dolor me impide levantar objetos pesados del suelo, pero puedo hacerlo si están en un sitio cómodo (ej. en una mesa) [2 puntos]
- El dolor me impide levantar objetos pesados, pero sí puedo levantar objetos ligeros o medianos si están en un sitio cómodo
   [3 puntos]
- Sólo puedo levantar objetos muy ligeros [4 puntos]
- No puedo levantar ni acarrear ningún objeto [5 puntos]

#### 4. Caminar

- O El dolor no me impide caminar cualquier distancia [0 puntos]
- El dolor me impide caminar más de un kilómetro [1 punto]
- El dolor me impide caminar más de 500 metros [2 puntos]
- O El dolor me impide caminar más de 250 metros [3 puntos]
- Sólo puedo caminar con bastón o muletas [4 puntos]
- o Permanezco en la cama casi todo el tiempo y tengo que ir a rastras al baño [5 puntos]

#### 5.Estar sentado

- O Puedo estar sentado en cualquier tipo de silla todo el tiempo que quiera [0 puntos]
- O Solo puedo estar sentado en mi silla favorita todo el tiempo que quiera [1 punto]
- El dolor me impide estar sentado más de una hora [2 puntos]
- O El dolor me impide estar sentado más de media hora [3 puntos]
- o El dolor me impide estar sentado más de 10 minutos [4 puntos]
- o El dolor me impide estar sentado [5 puntos]

# 6. Estar de pie

- O Puedo estar de pie tanto tiempo como quiera sin que me aumente el dolor [0 puntos]
- O Puedo estar de pie tanto tiempo como quiera pero me aumenta el dolor [1 punto]
- El dolor me impide estar de pie más de una hora [2 puntos]
- O El dolor me impide estar de pie más de media hora [3 puntos]
- O El dolor me impide estar de pie más de 10 minutos [4 puntos]
- o El dolor me impide estar de pie [5 puntos]
- 0

#### 7.Dormir

0

- O El dolor no me impide dormir bien [0 puntos]
- O Sólo puedo dormir si tomo pastillas [1 punto]
- O Incluso tomando pastillas duermo menos de 6 horas [2 puntos]
- O Incluso tomando pastillas duermo menos de 4 horas [3 puntos]
- O Incluso tomando pastillas duermo menos de 2 horas [4 puntos]
- O El dolor me impide totalmente dormir [5 puntos]

#### 8. Actividad sexual

- O Mi actividad sexual es normal y no me aumenta el dolor [0 puntos]
- O Mi actividad sexual es normal pero me aumenta el dolor [1 punto]
- O Mi actividad sexual es casi normal pero me aumenta mucho el dolor [2 puntos]
- O Mi actividad sexual se ha visto muy limitada a causa del dolor [3 puntos]
- O Mi actividad sexual es casi nula a causa del dolor [4 puntos]
- O El dolor me impide todo tipo de actividad sexual [5 puntos]

#### 9. Vida social

- O Mi vida social es normal y no me aumenta el dolor [0 puntos]
- O Mi vida social es normal pero me aumenta el dolor [1 punto]
- El dolor no tiene un efecto importante en mi vida social, pero si impide mis actividades más enérgicas como bailar [2 puntos]
- O El dolor ha limitado mi vida social y no salgo tan a menudo [3 puntos]
- O El dolor ha limitado mi vida social al hogar [4 puntos]
- O No tengo vida social a causa del dolor [5 puntos]

#### 10.Viajar

- O Puedo viajar a cualquier sitio sin que me aumente el dolor [0 puntos]
- O Puedo viajar a cualquier sitio, pero me aumenta el dolor [1 punto]
- O El dolor es fuerte pero aguanto viajes de más de 2 horas [2 puntos]
- O El dolor me limita a viajes de menos de una hora [3 puntos]
- O El dolor me limita a viajes cortos y necesarios de menos de media hora [4 puntos]
- O El dolor me impide viajar excepto para ir al médico o al hospital [5 puntos]

## **EVA**

	6 8 10 E aún dolor Diente mucho dolor dolor Diente mucho puede inaginarse (no tiene que estar llorando para sentir este dolor tan fuerte)
--	---

## HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS COLUMNA CERVICAL

Fecha: Teléfono:

Nombre:

Sexo: 1. Varón 2. Mujer HC: Edad:

FACTORES DE RIESGO PARA OSTEOPOROSIS

Edad de Menopausia:

Fractura previa; 1. Espontáneo 2. Trauma Padres con fractura de cadera: 1. Sí 2. No

Tabaquismo: 1 sí 2 No 3 exfumador Alcohol : 1 sí 2 No 3 exbebedor

Actividad fisica: 1 sedentaria 2 ligera 3 moderada Ingesta habitual de calcio mg/día

Suplementación vitamínica

**ENFERMEDADES**: Artritis reumatoide 1 sí 2 no Asma 1 sí 2 no

Osteoporosis secundaria: 1 sí 2 no DM1, hiperpartiroidismo, malabsorción, hepatopatías, cáncer otros

FÁRMACOS Glucocorticoides 1 sí 2 no Antiepilépticos 1 sí 2 no Antidepresivos 1 sí 2 no

**EXPLORACIÓN FÍSICA:** Talla: (cm) Peso: (kg)

**DENSITOMETRÍA** (g/cm2): L2/L4: Cuello: Total: Trocánter: Intertroc.:

TBS (L2L4):

ULTRASONIDO: BUA: Db/MgHz SOS: m/s QUI:

**ANALÍTICA PERIOPERATORIA**: 25-HCC:

**DIAGNÓSTICO RAQUIS:** 

**DIAGNÓSTICO DE DMO**: 1 normal 2 osteopenia 3 osteoporosis 4 osteoporosis severa

NIVELES DE VITAMINA D: 1 normal 2 insuficiente 3 deficiente

TRATAMIENTO INDICADO: Calcio 1 incremento de dieta 2 no modif 3 Ca solo 4 Ca+ Vit D

Fármaco 1 Alendronato 2 Zolendronato 3 Calcitonina 4 Denosumab 5 No requiere

ESCALA DE DISCAPACIDAD OSWESTRY PREOPERATORIO: %

ESCALA VISUAL ANALÓGICA (EVA) DE DOLOR PREOPERATORIA: /10

ESCALA DE DISCAPACIDAD OSWESTRY SEGUIMIENTO (6-12 meses): %

ESCALA VISUAL ANALÓGICA (EVA) DE DOLOR SEGUIMIENTO (6-12 meses): /10

**ANALÍTICA SEGUIMIENTO: 25-HCC:** 

CONTROL RADIOLÓGICO DE FUSIÓN ÓSEA (6.-12 MESES)

Fusión posterolateral: 1. Fusión intertransversa 2 Sin Fusión intertransversa o signos pseudoartrosis

Rx dinámicas: 1. Sin movimientos 2. Translación mayor de 3 mm o movimiento angular mayor a 5º

Fusión intersomática: 1 Grado A puentes óseos entre las dos vértebras. 2 Grado B puentes óseos en el cuerpo

vertebral superior o inferior 3 Grado C puente óseo incompleto.

# Índice de Discapacidad Cervical

Program Is a identamente las instrucciones.  Este cuestionario se ha disertado para dari normación a su médico sobre como le atecta a su vida diarta el dioir de cuello. Per favor, reliene bodas las preguntas programas programas en pueda aplicar a su caso más de uma respuestas, possibles y marque con cada una soci a la preparta a cuello marque sobi la que represente mejor su problema.    No tengo doir en este momento   No tengo doir en este momento   Bidorie es muy leve en este momento   Bidorie es favore de neste momento   Con trecuencia tengo un doir moderado de abeza   A veces tengo un poqueño doir de cabeza   A veces tengo un doir moderado de cabeza   A veces tengo un doir moderado de abeza   A veces tengo un doir moderado de cabeza   A veces tengo un doir moderado   A veces tengo un doir doir de cuelto   B do			
Este cuestionario se ha diseñado para dar informaction a su médico sobre cómo le alecta a su vida dianta el dotor de cuello. Por favor, reliene lodas las preguntas problems, manque sobi a que represente impor a problema.  Pregunta II. Intensidad del doir de cuello per represente mora problema.  Pregunta II. Intensidad del doir de cuello per del commendo de del commendo de catera del doir es may leve en este momento de doir es el pero que uno se punde imaginar de la cultar del cultar de la	Fecha: Domicillo: Profesión:		
positives y marque en cada uns sixou A restrustara, qui sua sa Amerionne A su Joso. Alunque en aliguna pregunta se pueda aplicar a su caso más de una respuesta, marque sóba que represente mejos problema.  Pregunta I : Intensidad del dolor de cueito  No tergo dotor en este momento  El didor es moderado en este momento  El didor es tuerte en este momento  El didor es moderado en este momento  El didor es moderado en este momento  El didor es moderado en este momento  El didor es tuerte en este momento  El didor es moderado en este momento  El didor es tuerte en este tuerte en este tuerte en este tuerte en este tuerte en algo rus en tuerte en algo rus en este tuerte en algo rus en este en e	Por favor, lea atentamente las Instrucciones:		
No tenge dotor en este momento □ didor es muy leve en este momento □ didor es muy leve en este momento □ didor es muy leve en este momento □ didor es muy luerté en este momento □ didor estretine de didor de cabeza □ Tengo doir de cabeza □ Piesto didorative con normalidad sin que me aumenta el doiro □ Culdiame me duele de torma que terrgo que hacer lo lesgaco y con culdado □ Ma pues en escalso syuda para la mayor parte de mis culdados □ Todos is dels ancesals aguna difficultad y me quelor en la cama □ Puedo levantar objetos pesados sin sumento del doiro □ Puedo levantar objetos pesados sin sumento del doiro □ Puedo levantar objetos pesados sel sun dificultad y me queloro levantar objetos pesados sel sun dificultad y me queloro levantar objetos pesados del sun dificultad y me quelo levantar objetos pesados del sun dificultad y me quelo levantar objetos pesados del sun dificultad y me quelo levantar objetos pesados del sun dificultad y me quelo levantar objetos medianos o la gual particitativa del doiro de cuello □ puedo tarce muy la puedo levantar objetos m	posibles y marque en cada una solo la RESPUESTA QUE		
□ B dolor as muy leve en este momento □ B dolor as moderado en este momento □ B dolor as moderado en este momento □ B dolor as muy tuerte en este momento □ B dolor as muy tuerte en este momento □ B dolor as muy tuerte en este momento □ Con frecuencia tengo un dolor moderado de cabeza □ Con frecuencia tengo un dolor moderado de cabeza □ Con tecuencia tengo un dolor fuerte de cabeza □ Con tecuencia tengo un dolor fuerte de cabeza □ Con tecuencia tengo un dolor fuerte de cabeza □ Con tecuencia tengo un dolor fuerte de cabeza □ Pregurta II : Cuidados presonales ((sararse, vestinae, etc.) □ Puedo todaren con normalidad, pero esto me aumente el dolor □ Cuidarme me duele de torma que tengo que hacerto despacio y con cuidado □ Aunque necestio aguna synda, me les amegio para casi todos mis cuidados □ Condesso de suencesto aguna synda, me les amegio para casi todos mis cuidados □ Aunque necestio aguna synda, me les amegio para casi todos mis cuidados □ Puedo levantar objetos pesados sin aumento del dolor □ Puedo levantar objetos pesados sin aumento del dolor □ Puedo levantar objetos pesados del suelo, poro lo puedo necer si edian colicados en un sinta tidal concionado en in sinto tidal concionado en insiste concionado en insiste concionado en en sinto tidal concionado en insiste concionado en en sinto tidal concionado en insiste concionado en en sinto tidal concionado en insiste concionado en el cualito en una mesa en algo cual nocionado en insiste concionado en el cualito en una mesa en algo en una desenval en en entre debido en el cualito en una mesa en algo cual en en en insiste concionado en el cualito en una mesa en al dolor en el cualito en una mesa en al dolor en el cuali	Pregunta I: Intensidad del dolor de cuello	Pregunta V: Dolor de cabeza	Pregunta IX: Sueño
□ didore as moderado en este momento □ didore si nuerte en este momento □ Puedo cudisamse personales ((surarse, vesifiase, etc.) □ Puedo cudisamse con normalidad, pero esto me aumente el didor □ Puedo cudisamse con normalidad, pero esto me aumente el didor □ Puedo cudisamse en aligo □ Me concentro totalmente en aligo cuando quiero con alguna sificultad para concentrarme cuando quiero □ Tengo alguna diflicultad para concentrarme cuando quiero □ No puedo to cuando quiero □ Tengo alguna diflicultad para concentrarme cuando quiero □ Tengo alguna diflicultad para concentrarme cuando qu	☐ No tengo dolor en este momento	□ No tengo ningún dolor de cabeza	□ No tengo ningún problema para dormir
Display the content of the sum	☐ El dolor es muy leve en este momento	□ A veces tengo un pequeño dolor de cabeza	El dolor de cuello me bace perder menos de
□ diolor es muy fuerte en este momento □ En este momento el dotor es el peor que uno se puede imaginar Pregunta II: Curidados pesonales ((Isurars, vestinse, etc.) □ Puedo cuidarme con normalidad, pero esto me aumente el dotor □ Puedo cuidarme con normalidad, pero esto me aumente el dotor □ Puedo cuidarme con normalidad, pero esto me aumente el dotor □ Puedo cuidarme con normalidad, pero esto me aumente el dotor □ Puedo cuidarme con normalidad, pero esto me aumente el dotor □ Puedo cuidarme con normalidad, pero esto me aumente el dotor □ Puedo cuidarme con normalidad, pero esto me aumente el dotor □ Puedo cuidarme con normalidad, pero esto me aumente el dotor □ Aunque necestlo alguna ayuda, me las arregio para casi l'odos insi cuidados □ Aunque necestlo alguna ayuda, me las arregio para casi l'odos insi cuidados □ No puedo sentence, me avo con dificultad y me queso en la carra □ Pregunta III. Leuanbar pesos □ Puedo levantar objetos pesados sin aumento del dotor □ Puedo levantar objetos pesados, pero me aumente el dotor □ Puedo levantar objetos pesados del suelo, pero lo puedo hacer si están colocados en un sitto l'acti un sito l'acti cump, per le impice levantar objetos pesados del suelo, pero lo puedo hacer si están colocados en un sito l'acti un sito l'acti un pripite levantar objetos pesados del suelo, pero lo puedo hacer si estan colocados en un sito l'acti un sito l'acti un propite levantar objetos pesados del suelo, pero lo puedo hacer si estan colocados en un sito l'acti un sito l'acti un propite levantar objetos pesados del suelo, pero lo puedo hacer si estan colocados en del noto l'acti de cuello □ Puedo la realizar ringion tipo de peso □ Pregunta IV. Lectura □ Puedo levantar objetos pesados del suelo, pero lo que quiero pero del cuello □ Puedo levantar objetos pesados del suelo pero el dotor de cuello □ Puedo levantar objetos pesados del suelo pero el dotor de cuello □ Puedo levantar objetos pesados del cuello □ Puedo levantar objetos pesados del cuello □ Puedo levantar objetos pesados el cuello □ Pue		A veces tengo un dolor moderado de cabeza	
□ En este momento el dotor es el peor que uno se puede irraginar puede irraginar puede irraginar puede irraginar presenta la Culdados personales (fusirse, vestirse, elc.)  □ Puedo culdarme con normalidad sin que me aumente el dotor  □ Culdarme me duele de forma que tengo que hacer lo despació y con culdado □ Culdarme me duele de forma que tengo que hacer lo despació y con culdado □ Culdarme me duele de forma que tengo que hacer lo despació y con culdado □ Tengo alguna alflicultad para concentrarme cuando quiero con alguna dificultad para concentrarme cuando quiero con alguna dificultad para concentrarme cuando quiero parte em la cultados □ Puedo isemalar objetos pesados sin aumento del dotor □ Puedo levantar objetos pesados del suele, pero lo puedo hacer si están colocados en un sitto tisci un sito tisci como, por ejernido, en utra mesa la dotor me limpide levantar objetos pesados del suele, pero lo puedo hacer si están colocados en un sito tisci un sito tisci como, por ejernido, en utra mesa la dotor me limpide levantar objetos pesados del suele, pero lo buedo hacer si están colocados en un sito tisci un sito tisci como, por ejernido, en utra mesa la dotor madas nocine por el dotor de cuello me hace perder de 2 a 3 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 3 a 5 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 3 a 5 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 3 a 5 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 3 a 5 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 3 a 5 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 3 a 5 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 5 a 7 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 5 a 7 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 5 a 7 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 5 a 7 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 5 a 7 horas			
Tengo dolor de cabeza casi continuo   Pregunta It. Curidados personales (Giarrise, vestirise, etc.)			☐ El dolor de cuello me bace perder de 1 a 2 horas
Pregunta II: Lutdatas pessonales (flastres, vestres, elc.)	puede imaginar	_	
Puedo cuidarme con normalidad sin que me aumente el dotor   Puedo cuidarme con normalidad, pero esto me aumente el dotor   Me concentro totalimente en algo cuando quiero con alguna dificultad   Me concentro totalimente en algo cuando quiero con alguna dificultad   Me concentro totalimente en algo cuando quiero con alguna dificultad   Piedo red cuello me hace perder de 2 a 3 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 2 a 3 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 3 a 5 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 3 a 5 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 3 a 5 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 3 a 5 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 3 a 5 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 2 a 3 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 2 a 3 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 2 a 3 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 2 a 3 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello me hace perder de 2 a 3 horas de sueño cada noche por el dotor de cuello " El dotor me lacital de sueño cada noche por el dotor de cuello " Piedo hacer cada noche por el dotor de cuello " Piedo hacer sueño cada noche por el dotor de cuello " Piedo hacer sueño cada noche por el dotor de cuello " Piedo hacer sueño cada noche por el dotor de cuello " Piedo hacer sueño cada noche por el dotor de cuello " Piedo hacer sueño cada noche por el dotor de cuello " Piedo hacer sueño cada noche por el dotor de cuello " Piedo hacer sueño cada noche por el dotor de cuello " Piedo hacer sueño cada noche por el dotor de cuello " Piedo hacer sueño cada noche por el dotor de cuello " Piedo hacer sueño cada noche por el dotor de cuello " No puedo hacer sueño cada noche por el dotor de cuello " No puedo hacer sueño cada noche por el dotor de cuello " No puedo hacer sueño cada noche por el dotor d			
Puedo levantar objetos pesados, pero me aumenta robjetos pesados, pero me aumenta robjetos pesados, pero me aumentar objetos pesados, pero me aumentar objetos pesados, pero me aumentar objetos pesados en un sibilo tacil como, pero legrand ribil cevantar robjetos pesados del suelo, pero lo puedo levantar objetos metalonos ol ligeros si están colocados en un sibilo tacil		Me concentro totalmente en algo cuando quiero	
Tengo alguna difficultad para concentrarme cuando quiero   Tengo alguna difficultad para concentrarme cuando quiero   Tengo bastantie difficultad para concentrarme cuando quiero   Tengo mucha difficultad para concentrarme cuando quiero   Tengo bastantie difficultad para concentrarme cuando quiero   Puedo lateralia (Tengo Pregunta VI: Trabajo y actividades habifusies   Pregunta VI: Trabajo y actividades habifusies   Pregunta VI:		Me concentro totalmente en algo cuando quiero	Pierdo de 2 a 3 horas de suefio cada noche
Tengo bastante difficultad para concentrarme cuando quiero   Tengo munha difficultad para concentrarme cuando quiero   Tengo munha difficultad para concentrarme   December 1 doi or de cuello me hace perder de 5 a 7 horas de sueño cada noche por el doior de cuello me hace perder de 5 a 7 horas de sueño cada noche por el doior de cuello me hace perder de 5 a 7 horas de sueño cada noche por el doior de cuello me hace perder de 5 a 7 horas de sueño cada noche por el doior de cuello me hace parde de sueño cada noche por el doior de cuello me hace parde de sueño cada noche por el doior de cuello me hace parde de sueño cada noche por el doior de cuello me hace parde de sueño cada noche por el doior de cuello me sueño quiero de sueño de sueño cada noche por el doior de cuello me hace parde de sueño cada noche por el doior de cuello me hace parde de sueño cada noche por el doior de cuello me hace parde de sueño cada noche por el doior de cuello me hace parde de sueño cada noche por el doior de cuello me hace parde de sueño cada noche por el doior de cuello me hace parde de sueño cada noche por el doior de cuello me hace parde de sueño cada noche por el doior de cuello me hace parde de sueño cada noche por el doior de cuello me hace parde de sueño cada noche por el doior de cuello me hace parde de sueño cada noche por el doior de cuello me hace parde de sueño cada noche por el doior de cuello me hace parde de sueño cada noche por el doior de cuello me hace parde de sueño cada noche por el doior de cuello me hace parde de sueño cada noche por el doior de cuello me hace ra parde de sueño cada noche por el doior de cuello me hace ra parde de sueño cada noche por el doior de cuello me hace ra parde parde de sueño cada noche por el doior de cuello me hace ra parde de sueño cada noche	hacerlo despacio y con cuidadó	Tengo alguna dificultad para concentrarme	
partie de mils cuidados  No puedo vestirme, me lavo con dificultad y me quedo en la cama  Pregunta III: Levantar pesos  Puedo levantar objetos pesados sin aumento del dolor  Puedo levantar objetos pesados sin aumento del dolor  Puedo levantar objetos pesados sin aumento del dolor me impide levantar objetos pesados del suelo, pero lo puedo hacer si están colocados en un sitio facil como, por ejempio, en una mesa  El dolor me impide levantar objetos pesados del suelo, pero puedo ievantar objetos medianos o ligeros si están colocados en un sitio facil  Sólo puedo levantar objetos muy ligeros  No puedo levantar objetos muy ligeros  No puedo levantar objetos muy ligeros  Pregunta IV: Lectura  Pregunta VII: Conducción de vehículos  Pregunta VII: Conducción de vehículos  Pregunta VIII: Conducción de vehículos  Pregunta VIII: Conducción de vehículos  No puedo levantar objetos medianos o ligeros de louello  No puedo levantar nobjetos muy ligeros  No puedo levantar objetos muy ligeros  Pregunta IV: Lectura  Pregunta VIII: Conducción de vehículos  No puedo levantar objetos muy ligeros  No puedo levantar objetos muy ligeros  No puedo levantar objetos muy ligeros  Pregunta VIII: Conducción de vehículos  Apenas puedo levantar objetos de louello  No puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello  Apenas puedo levantar objetos de louello  Apenas puedo levantar objetos de louello  Apenas puedo levantar objetos de louello  Apenas puedo conducir debido al infenso dolor de cuello  Apenas puedo levantar objetos de louello  Apenas puedo conducir debido al infenso dolor de cuello	para casi todos mis cuidados		Pierdo de 3 a 5 horas de sueño cada noche
Los Duedo existime, me lavo con difficultad y me quedo en la cama   cuañdo quiero   cuañdo qui	parte de mis cuidados		
Pregunta III. Levantar pesos    Puedo levantar objetos pesados sin aumento del dolor   Puedo levantar objetos pesados, pero me aumenta el dolor   Puedo levantar objetos pesados, pero me aumenta el dolor   El dolor me limpide levantar objetos pesados del suelo, pero lo puedo hacer si están colocados en un sitio tácil como, por ejemplo, en una mesa   El dolor me limpide levantar objetos medianos o ligeros si están colocados en un sitio tácil   Sotio puedo levantar objetos medianos o ligeros si están colocados en un sitio tácil   Sotio puedo levantar objetos muy ligeros   No puedo hacer mi trabajo habitual   Aduras penas puedo hacer algún tipo de trabajo   Sólo puedo hacer alguns de mis actividades de ocio por el dolor del cuello   Apenas puedo hacer algún tipo de trabajo   No puedo levantar objetos muy ligeros   No puedo conducir todo lo que quiero, pero con un migero debido al dolor de cuello   No puedo levantar objetos muy ligeros   No puedo conducir t	No puedo vestirme, me lavo con dificultad y me quedo en la carna	cuando quiero	
Pregunta VI: Trabajo y actividades habituales  Pregunta VI: Trabajo habitual, pero no mas  A duras penas puedo hacer natabajo  A duras penas puedo hacer natabajo  A duras penas puedo hacer natabajo  A duras penas puedo exhiculos  No puedo actividades de ocio por el dolor de cuello  Pregunta VI: Trabajo y actividades de ocio por el dolor de cuello  Apenas puedo levantar objetos mis actividades de ocio por el dolor de cuello  No puedo hacer natabajo y actividades de ocio por el dolor de cuell	Pregunta III. Levantar nesos	No puedo concentrarme nunca	
dolor    Pregunta VII. Trabajo*   Pregunta VII. Trabajo*   Pregunta VII. Trabajo*   Puedo hacer independente dolor   Pregunta VII. Trabajo habitual, pero no más   Puedo hacer si están colocados en un sitio fácil como, por ejemplo, en una mesa   El dolor me impide levantar objetos pesados del suelo, pero puedo hacer si están colocados en un sitio fácil como, por ejemplo, en una mesa   El dolor me impide levantar objetos pesados del suelo, pero puedo levantar objetos medianos o ligeros si están colocados en un sitio fácil como, por ejemplo, en una mesa   No puedo hacer mi trabajo habitual, pero no más   Puedo hacer sigún dolor de cuello   No puedo hacer algún dolor de cuello   No puedo hacer algún dolor de cuello   No puedo hacer algún dolor de cuello   Sólo puedo hacer algún tipo de trabajo   No puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor de cuello   Sólo puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor del cuello   No puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor del cuello   No puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor del cuello   No puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor del cuello   No puedo levantar ni llevar ningún tipo de peso   Pregunta VII. Conducción de vehículos   Pregunta VIII. Conducción de vehículos   Pregunta VIII. Conducción de vehículos   Puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello   Puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello   No puedo cenducir todo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello   No puedo cenducir todo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello   No puedo cenducir todo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello   Apenas puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello   Apenas puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello   Apenas puedo levantar ni lievar ningún tipo de pero   Apenas puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello   Apenas puedo conducir todo lo que quiero, pero con un mode		Pregunta VII: Trabajo y actividades habituales	
Puedo trabajar todo lo que quiero   Puedo hacer todas mis actividades de ocio sin doior me impide levantar objetos pesados del suelo, pero lo puedo hacer si estan colocados en un sitio tacil como, por ejempio, en una mesa   Puedo hacer si estan colocados en un sitio tacil como, por ejempio, en una mesa   Puedo hacer si estan colocados en un sitio tacil como, por ejempio, en una mesa   Puedo hacer si estan colocados en un sitio tacil como, por ejempio, en una mesa   Puedo hacer si estan colocados en un sitio tacil como, por ejempio, en una mesa   Puedo hacer si giún tipo de trabajo habitual, pero no más   Puedo hacer sigún dolor de cuello   No puedo hacer aigún dolor de cuello   No puedo hacer aigún dolor de cuello   No puedo hacer aigún tipo de trabajo en el dolor de cuello   Sólo puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor de cuello   Sólo puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor de cuello   Sólo puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor de cuello   No puedo hacer nas pocas actividades de ocio por el dolor de cuello   No puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor de cuello   No puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor de cuello   No puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor de cuello   No puedo levantar ni llevar ningún tipo de paso   Puedo conducir sin dolor de cuello   Puedo leer todo lo que quiera con un dolor leve en el cuello   Puedo leer todo lo que quiera con un dolor moderado en el cuello   Puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello   No puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello   No puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello   Apenas puedo conducir todo lo que quiero debido al dolor de cuello   Apenas puedo leer todo lo que quiero debido al dolor de cuello   Apenas puedo leer por el gran dolor que me		Omourés ISI. Tenhalat	Pregunta X: Actividades de ocib
suelo, pero lo puedo hacer si están colocados en un sitio tacil como, por ejemplo, en una mesa  El dolor me impide levantar objetos pesados del suelo, pero puedo levantar objetos medianos o ligeros si están colocados en un sitio tácil  Sólo puedo levantar objetos muy ligeros  No puedo levantar nóletos muy ligeros  No puedo levantar níl lievar ningún tipo de peso  Pregunta IV: Lectura  Puedo leer todo lo que quiera sin que me duela el cuello  Puedo leer todo lo que quiera con un dolor leve en el cuello  No puedo leer todo lo que quiera con un dolor moderado en el cuello  No puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello  Apenas puedo leer podo lo que quiero debido a un dolor moderado en el cuello  Apenas puedo leer podo lo que quiero debido a un dolor moderado en el cuello  Apenas puedo leer podo leer por el gran dolor que me produce en el cuello  Apenas puedo leer por el gran dolor que me produce en el cuello  Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello  Apenas puedo leer por el gran dolor que me produce en el cuello  Apenas puedo leer lodo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello  Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello  Apenas puedo leer lodo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello  Apenas puedo leer lodo lo que quiero debido al intenso dolor de cuello			
suelo, pero lo puedo hacer si están colocados en un sitio tácil como, por ejemplo, en una mesa El dolor me impide levantar objetos medianos o ligeros si están colocados en un sitio tácil   No puedo hacer mi trabajo habitual   No puedo hacer algunas de mis actividades de ocio por el dolor de cuello   No puedo hacer algunas de mis actividades de ocio por el dolor de cuello   Sólo puedo hacer algunas de mis actividades de ocio por el dolor de cuello   Sólo puedo hacer algunas de mis actividades de ocio por el dolor de cuello   Sólo puedo hacer algunas de mis actividades de ocio por el dolor de cuello   Sólo puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor del cuello   Sólo puedo hacer las cosas que me gustan debido al dolor del cuello   Puedo conducir sin dolor de cuello   Puedo conducir todo lo que quiero, pero con un ligero dolor de cuello   Puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello   Puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello   No puedo conducir todo lo que quiero debido al dolor de cuello   No puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo leer todo lo que quiero debido al notor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de	☐ El dolor me impide levantar objetos pesados del	☐ Puedo hacer mi trabajo habitual, pero no más	Puedo hacer todas mis actividades de ocio con
Idelor me impide levantar objetos pesados del suelo, pero puedo levantar objetos medianos o ligeros si están colocados en un sitio tácil   A duras penas puedo hacer mi trabajo habitual   Sólo puedo levantar objetos muy ligeros   No puedo levantar ni llevar ningún tipo de peso   No puedo trabajar en nada   Sólo puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor del cuello   Sólo puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor del cuello   Sólo puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor del cuello   Sólo puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor del cuello   Sólo puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor del cuello   Sólo puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor del cuello   Apenas puedo hacer instalara unas pocas actividades de ocio por el dolor del cuello   No puedo trabajar en nada   Sólo puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor del cuello   No puedo conducir todo lo que quiero, pero con un ligero dolor de cuello   Puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello   No puedo leer todo lo que quiero debido a un dolor moderado en el cuello   No puedo conducir todo lo que quiero debido al dolor de cuello   No puedo conducir todo lo que quiero debido al dolor de cuello   Apenas puedo leer por el gran dolor que me produce en el cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al fintenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al fintenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al fintenso dolor d			algún dolor de cuello
A duras penas puedo hacer aigún tipo de trabajo   Sólo puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor del cuello   A duras penas puedo hacer aigún tipo de trabajo   Sólo puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor del cuello   Apenas puedo hacer las cosas que me gustan debido al dolor del cuello   Apenas puedo hacer las cosas que me gustan debido al dolor del cuello   Puedo leer todo lo que quiera sin que me duela el cuello   Puedo conducir todo lo que quiero, pero con un ligero dolor de cuello   Puedo leer todo lo que quiera con un dolor leve en el cuello   Puedo leer todo lo que quiera con un dolor moderado en el cuello   Puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado dolor de cuello   No puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello   No puedo conducir todo lo que quiero debido al dolor de cuello   Apenas puedo leer por el gran dolor que me produce en el cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al do			
Solio puedo levantar objetos muy ligeros No puedo levantar ni llevar ningún tipo de peso  Pregunta IV: Lectura Puedo leer todo lo que quiera sin que me duela el cuello Puedo leer todo lo que quiera con un dolor leve en el cuello Puedo leer todo lo que quiera con un dolor moderado en el cuello No puedo leer todo lo que quiera con un dolor moderado en el cuello No puedo leer todo lo que quiera con un dolor moderado en el cuello Apenas puedo leer podo lo que quiero debido a un dolor moderado en el cuello Apenas puedo leer podo lo que quiero debido a un dolor moderado en el cuello Apenas puedo leer por el gran dolor que me produce en el cuello Apenas puedo leer todo lo que quiero debido al intenso dolor de cuello Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello	ligeros si están colocados en un sitio tácil		
Pregunta IV: Lectura Pregunta		□ No puedo trabajar en nada	
Puedo leer todo lo que quiera sin que me duela el cuello   Puedo conducir sin dolor de cuello   Puedo leer todo lo que quiera con un dolor leve en el cuello   Puedo leer todo lo que quiera con un dolor leve en el cuello   Puedo leer todo lo que quiera con un dolor moderado en el cuello   Puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello   Puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello   Puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado dolor de cuello   No puedo conducir todo lo que quiero debido al dolor de cuello   No puedo conducir todo lo que quiero debido al dolor de cuello   Apenas puedo leer por el gran dolor que me produce en el cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al   Apenas puedo con		Proporto VIII. Conducción de unhiculos	
Puedo conducir todo lo que quiero, pero con un ligero dolor de cuello   Puedo leer todo lo que quiera con un dolor leve en el cuello   Puedo leer todo lo que quiera con un dolor moderado en el cuello   Puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado en el cuello   Puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado dolor de cuello   No puedo conducir todo lo que quiero debido al dolor de cuello   No puedo conducir todo lo que quiero debido al dolor de cuello   Apenas puedo leer por el gran dolor que me produce en el cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello   Apenas puedo conducir todo lo que quiero, pero con un   Ilgero dolor de cuello   Apenas puedo conducir todo lo que quiero, pero con un   Ilgero dolor de cuello   Apenas puedo conducir todo lo que quiero, pero con un   Ilgero dolor de cuello   Apenas puedo conducir todo lo que quiero, pero con un   Ilgero dolor de cuello   Apenas puedo conducir todo lo que quiero debido al   Apenas puedo conducir	Pregunta IV: Lectura	L Company	☐ No puedo realizar ninguna actividad de ocio
□ Puedo leer todo lo que quiera con un dolor leve en el cuello □ Puedo leer todo lo que quiera con un dolor moderado en el cuello □ No puedo leer todo lo que quiero debido a un dolor moderado en el cuello □ No puedo leer todo lo que quiero debido a un dolor moderado en el cuello □ Apenas puedo leer por el gran dolor que me produce en el cuello □ Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello □ Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello			
□ Puedo leer todo lo que quiera con un dolor moderado en el cuello □ No puedo leer todo lo que quiero debido a un dolor moderado en el cuello □ Apenas puedo leer por el gran dolor que me produce en el cuello □ Apenas puedo en el cuello □ Apenas puedo conducir todo lo que quiero debido al dolor de cuello □ Apenas puedo conducir debido al intenso dolor de cuello	Puedo leer todo lo que quiera con un dolor leve	ligero dolor de cuello	
<ul> <li>No puedo leer todo lo que quiero debido a un dolor moderado en el cuello</li> <li>No puedo conducir todo lo que quiero debido al dolor de cuello</li> <li>Apenas puedo leer por el gran dolor que me produce en el cuello</li> <li>Apenas puedo conducir debido al infenso dolor de cuello</li> </ul>	☐ Puedo leer todo lo que quiera con un dolor	moderado dolor de cuello	
Apenas puedo leer por el gran dolor que me produce en el cuello Apenas puedo conducir debido al Infenso dolor de cuello	☐ No puedo leer todo lo que quiero debido a un		
l_'	☐ Apenas puedo leer por el gran dolor que me		
	_ '	☐ No puedo conducir nada por el dolor de cuello	

<sup>\*</sup>Texto utilizado previamente a los cambios propuestos a raiz de los problemas de comprensión.

## **ARTÍCULO 2** Cuestionario

a. Muy pocab. Algo

# **ARTÍCULO 2 Cuestionario** Cuestionario Osteoporosis-Cirugía de columna vertebral Sexo: Hombre Mujer Ciudad y país donde ejerce: Traumatología/Ortopedia Especialidad: Neurocirugía Ámbito de ejercicio: Público Privado Ambos Marca con un círculo o subraya ¿En los pacientes con sospecha de osteoporosis que se van a someter a cirugía de fusión/artrodesis ¿Qué conducta sigue? (Por favor contesta solo una) a. Solicito densitometría ósea de rutina b. Solicito un perfil metabólico de rutina (vitamina D, hormona paratiroidea, calcio) c. Solicito ambas pruebas a y b d. Refiero al especialista para diagnóstico y en su caso tratamiento e. No considero ningún estudio específico, no es área de mi competencia y procedo con la cirugía 2. En los pacientes con osteoporosis sin tratamiento que se van a someter a cirugía de artrodesis de columna ¿Qué conducta sigue habitualmente? Marca solo una respuesta a. Procedo con la cirugía b. Procedo con cirugía y luego refiero al paciente para tratamiento de la osteoporosis c. Refiero al especialista para el tratamiento de osteoporosis previamente a la cirugía d. Inicio tratamiento para la osteoporosis y luego procedo con la cirugía e. Opto por tratamiento conservador 3. En pacientes con osteoporosis con tratamiento que se van a someter a artrodesis de columna. ¿Qué conducta sigue habitualmente? Marca solo una respuesta a. Modificaría mi planificación y estrategia quirúrgica b. Procede con la cirugía de forma habitual d. Otra (especifique): 4. Desde el punto de vista quirúrgico que estrategia utiliza para mejorar resultados quirúrgicos en los pacientes con osteoporosis que se someten cirugía de columna: (subraye una o más opciones) a. Utilizo montajes de instrumentación largos ampliando los puntos de fijación b. Utilizo tornillos canulados cementados, c. Utilizo tornillos expansibles o recubiertos hidroxiapatita d. Modificación de técnica "Hubbing" (enterrar la cabeza del tornillo en la cortical), evito terrajar, fijación bicortical, minimizar terraiado e. No modifico mi estrategia quirúrgica f. Otra (especifique): 5. En los pacientes que desarrollan pseudoartrosis posterior a cirugía de artrodesis ¿Qué conducta sigue? (Por favor contesta solo una) a. Solicito densitometría ósea de rutina b. Solicito un perfil metabólico de rutina (vitamina D, hormona paratiroidea, calcio) c. Solicito ambas pruebas a y b d. Refiero al especialista para diagnóstico y en su caso tratamiento e. No considero ningún estudio específico f. Otra (especifique): 6. ¿Qué influencia considera que tiene la osteoporosis en el desarrollo de pseudoartrosis

- c. Bastante
- d. Mucha

## 7. En los pacientes que desarrollan una fractura vertebral por compresión de baja energía ¿Qué conducta diagnóstica sigue? (Por favor contesta solo una)

- a. Solicito densitometría ósea de rutina
- b. Solicito un perfil metabólico de rutina (vitamina D, hormona paratiroidea, calcio)
- c. Solicito ambas pruebas a y b
- d. Refiero al especialista para diagnóstico y en su caso tratamiento e. No considero ningún estudio específico
- 8. En los pacientes que desarrollan una fractura vertebral por compresión de baja energía ¿Qué conducta terapéutica considera que es más útil? (Por favor contesta solo una)
- a. Vertebroplastia
- b. Cifoplastia
- c. Fijación percutánea + técnicas de refuerzo vertebrales d. Tratamiento conservador

## **ARTÍCULO 3 Cuestionario**

Practice patterns and attitudes of spine surgeons regarding osteroporosis and fusion surgery
Hospital or institution:
Specialty: Neurosurgery, Traumatology / Orthopedics, Subspeciality
Circle or underline
1. In patients with SUSPECT of osteoporosis and candidates for spinal arthrodesis/spinal fusion. What strategy do you usually apply before surgery? Please mark only one answer
A. Check routine bone densitometry B. Check routine metabolic profile (vitamin D, parathyroid hormone, calcium) C. Check both tests a and b D. Refer the patient to the specialist for osteoporosis work-up before surgery E. Proceed with the surgery on a regular basis
2. In patients with OSTEOPOROSIS WITHOUT TREATMENT and candidates for spinal arthrodesis/spinal fusion. What strategy do you usually apply before surgery? Please mark only one answer
A. Proceed with surgery on a regular basis B. Proceed with surgery and then refer the patient for treatment of osteoporosis C. Refer to the specialist for the treatment of osteoporosis before surgery D. Give treatment for osteoporosis and then proceed with surgery E. conservative treatment
3. In patients with OSTEOPOROSIS WITH TREATMENT who will undergo column arthrodesis. What behavior do you usually follow? Mark only one answer
to. Alter my surgical plan to enhance fusion B. Proceed with surgery on a regular basis D. Other (please specify):
4. What surgical strategy do you use to improve fusion in patients with osteoporosis? Mark ONE OR MORE OPTIONS
A. Long segment instrumentation and extending the fixing points B. Cannulated screws, C. Expandable Screws D. Modification of the technique; Pedicle screws with bicortical fixation, cylindrical screws. minimize terrajado. E Do not change my surgical strategy F. Other (please specify):
5. In patients who develop pseudoarthrosis following spinal surgery. What strategy do you usually apply? Mark only one answer
A. Check routine bone densitometry  B. Check routine metabolic profile (vitamin D, parathyroid hormone, calcium)  C. Check both tests a and b  D. Refer the profilent to the angulaist for actor process work up before current.

- D. Refer the patient to the specialist for osteoporosis work-up before surgery
- E. Proceed with the surgery on a regular basis without further studies
- and. When reintervention is indicated, I proceed with surgery without further studies
- F. Other (please specify):

- 6. What influence do you think osteoporosis has on the development of pseudoarthrosis?
- A. Not clear influence
- B. Little
- B. Something
- C. Quite
- D. A lot
- 7. In patients who develop a low energy compression vertebral fracture What strategy do you usually follow? Mark only one answer
- A. Check routine bone densitometry
- B. Check routine metabolic profile (vitamin D, parathyroid hormone, calcium)
- C. Check both tests a and b
- D. Refer the patient to the specialist for osteoporosis work-up
- E. do not consider any specific diagnostic studies
- 8. In patients who present with a low-energy acute compression vertebral fracture What therapeutic strategy do you consider to be most useful? Mark only one answer
- A. Conservative treatment only
- B. Conservative treatment for 4 to 6 weeks, if no improvement proceed with vertebroplasty or kyphoplasty with balloon.
- C. Vertebroplasty
- D. Balloon kyphoplasty
- E. Percutaneous fixation with pedicle screws + vertebral reinforcement techniques
- F. Other specify