

**BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA
COMPLEJO REGIONAL SUR**



TESIS

**CRITERIOS DE CALIDAD PARA UNA CORRECTA
REALIZACIÓN DE DENSITOMETRÍA ÓSEA EN
COLUMNA LUMBAR.**

**Para obtener el título de:
Profesional Asociado en Imagenología**

PRESENTA

URIEL ANTONIO GRANADOS MATEOS

DIRECTORES DE TESIS

DR. IGNACIO RODRIGUEZ VARGAS

M.T.I MARÍA ESTELA ORDUÑA RAMIREZ

TEHUACÁN, PUEBLA

ABRIL 2023

INDICE

Lista de gráficas.....	4
Lista de cuadros	5
Lista de figuras	6
Lista de abreviaturas	8
Introducción.....	10
1. Antecedentes generales.....	12
1.1 Densitometría ósea.....	12
1.1.1 Principios físicos.....	16
1.1.2 Antecedentes históricos.....	19
1.1.3 Tecnología actual	20
1.1.4 Recomendaciones oficiales para realizarse una DO	23
1.2 Densidad mineral ósea	25
1.2.1 Composición y remodelación ósea.....	27
1.2.3 Osteopenia.....	30
1.2.4 Osteoporosis: Problemática global.....	32
1.2.5 Estándares mundiales para comparar la DMO.....	35
1.2.6 Puntuación Z	38
1.2.7 Puntuación T	38
2. Antecedentes específicos.....	40
2.1 Criterios de calidad en densitometría ósea	40
2.2 Exactitud y precisión	43
2.3 Posicionamiento del paciente.....	49
2.4 Procesamiento de la imagen	52
2.5 Limitantes para el estudio	55

3. Planteamiento del problema	60
4.- Objetivos	62
4.1 Objetivo general.....	62
4.2 Objetivos específicos	62
5. Material y métodos	64
5.1 Diseño del estudio.....	64
5.2 Ubicación espacio temporal.....	64
5.3 Universo de trabajo.....	64
5.4 Criterios de inclusión	64
5.5 Criterios de exclusión	64
5.6 Criterios de eliminación.....	64
6. Estrategia de trabajo	65
7. Análisis y métodos estadísticos.....	66
8. Consideraciones éticas	66
9. Resultados.....	68
10. Conclusión.....	70
11. Limitaciones	71
12. Perspectivas	71
13. Anexos.....	71
13.1 Radiografías comparativas de columna lumbar lateral.....	71
14. Bibliografía.....	76

Lista de gráficas

Grafica 1. : DMO (g/cm²) en 20 pacientes, usando el bloque de posición en comparación de cuando no se utiliza

Gráfica 2. Puntuación Z en 20 pacientes, usando el bloque de posición en comparación de cuando no se utiliza

Gráfica 3. Puntuación T en 20 pacientes, usando el bloque de posición en comparación de cuando no se utiliza.

Lista de cuadros

Cuadro 1. Criterios para Clasificación de la Densidad Mineral Ósea Organización Mundial de la Salud.

Lista de figuras

Figura 1.-: Densitometría ósea de Columna

Figura 2.-: Densitometría ósea de Cadera Izquierda

Figura 3.- (AXD) Absorciometría de Rayos X de Doble Energía

Figura 4.- Resultados de Densitometría Ósea de columna lumbar

Figura 5.- Línea del tiempo Antecedentes históricos de la DO

Figura 6.- Densitómetro GE Lunar: 1.-Interruptor de alimentación, 2.-Colchoneta de la mesa 3.-Brazo de exploración, 4.-Panel de control del brazo de exploración

Figura 7.- Densitómetro periférico para calcáneo.

Figura 8: Microarquitectura trabecular vertebral sana

Figura 9.- De izquierda a Derecha: Hueso Sano, Hueso con Osteopenia, Hueso con Osteoporosis y Hueso con Osteoporosis severa

Figura 10.- Resultado de DO de columna lumbar, mostrando el valor de DMO, T-score y Z. score, en cada región examinada

Figura 11: Control de calidad diario en equipo GE Lunar, calibración estable.

Figura 12: Fantoma, utensilio para poder calibrar el densitómetro

Figura 13: Posicionamiento correcto para DO de columna lumbar, área de trabajo

Figura 14: Factores para una correcta DO.

Figura 15: Representación de formas características de L1-L5 y su relación con crestas iliacas

Figura 16: Densitometría ósea de columna lumbar, colocación de RDI L1-L4

Figura 17: Seguridad, cuidado y atención al paciente.

Lista de abreviaturas

(DO)	DENSITOMETRIA ÓSEA
(ISCD)	INTERNATIONAL SOCIETY FOR CLINICAL DENSITOMETRY
(TAC)	TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTARIZADA
(AXD)	ABSORCIOMETRIA DE RAYOS X DE DOBLE ENERGIA
(g/cm ²)	GRAMOS DE MINERAL POR ÁREA DE VOLUMEN
(DMO)	DENSIDAD MINERAL ÓSEA
(CMO)	CONTENIDO MINERAL ÓSEO
(DMOE)	DMO ESTANDARIZADA
(TCC)	TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA CUANTITATIVA
(MO)	MASA ÓSEA
(OP)	OSTEOPOROSIS
(TR)	TECNICO RADIÓLOGO
(RDI)	REGION DE INTERES
(DE)	DESVIACION ESTANDAR

CAPÍTULO I

Introducción

El hueso es un tejido dinámico que está en continua formación y destrucción durante toda la vida, este proceso es denominado remodelado óseo y anualmente se renueva aproximadamente el 10% del esqueleto, que es una estructura que brinda la morfología corporal, funciona como sostén mecánico, además de protección para los órganos, nos proporciona fuerza y estabilidad para nuestro día a día, A nivel óseo, existe una microarquitectura de tejido, que en conjunto con otros componentes forma cada hueso.

A medida que pasan los años, los huesos comienzan a perder su densidad ósea, aunque este no es el único factor de riesgo, es el más común, por este motivo la osteoporosis representa un problema de salud a nivel nacional, ya que es una enfermedad silenciosa y hace que los huesos se vuelvan más delgados, contribuyendo así a que las personas que la padezcan, sean más propensas a tener una fractura de columna o de cadera, traumas que ocurren con demasiada frecuencia.

Densitometría ósea (DO) es la mejor herramienta para prevenir, confirmar y tratar la deficiencia mineral ósea ya que tiene amplias ventajas hoy en día debido a su avanzada tecnología, la rapidez de la exploración, solo requiere de una preparación básica por parte del paciente, es poco invasiva, pero lo más importante, es que, con la DO se puede estimar la densidad mineral ósea que existe en los huesos.

Por tales motivos, la densitometría ósea es el estándar de oro para diagnóstico, prevención y tratamiento de síndromes que afectan a la salud de los huesos mayoritariamente en adultos de la tercera edad y en algunos casos donde la disminución de la calidad ósea sea un efecto secundario de alguna otra enfermedad.

Es por ello que la salud de los huesos debe estar evaluada periódicamente. La International Society for Clinical Densitometry (ISCD) en 2019, dio a conocer a través de una conferencia global, la posición oficial actualizada, respecto a la toma y procesamiento de la densitometría ósea, dicha sociedad aconseja realizar una densitometría ósea a todas las mujeres mayores de 65 años y a todos los varones mayores de 70 años, con el fin de evaluar la salud ósea. Además, hay diferentes circunstancias por las cuales el estudio puede estar indicado independientemente de la edad, en particular cuando existen factores de riesgo para que la densidad mineral ósea presente un declive, tal como alguna enfermedad osteometabólica.

Esta herramienta radiológica es considerada como la mejor por la OMS, para conocer y valorar la salud de los huesos y es de suma importancia que al realizar este estudio se deben emplear criterios de calidad que den como resultado un valor real y totalmente acertado, para que el médico tratante pueda realizar un diagnóstico y en caso de ser necesario, un tratamiento eficaz.

Así mismo poder evaluar la salud ósea del paciente a través del tiempo, con la realización de densitometrías óseas periódicas, para fines de tratamiento. Un falso resultado, influido por no emplear los criterios de calidad en la toma de densitometría ósea, interviene en el correcto tratamiento y diagnóstico para el paciente.

1. Antecedentes generales

1.1 Densitometría ósea.

El mundo de la radiología es demasiado extenso y versátil, siendo que muchos diagnósticos clínicos se confirman con la toma de algún estudio que utilice radiaciones ionizantes, tales como rayos X, Tomografía Axial Computarizada (TAC) y Densitometría Ósea (DO) en la cual se basa el presente trabajo de investigación.

La DO, es un estudio radiológico no invasivo que se encarga de cuantificar la Densidad Mineral Ósea (DMO), en la práctica hace referencia a la valoración de dicha densidad ósea a través de la “Absorciometría de Rayos X de Energía Doble (AXD), que es la técnica más versátil y ampliamente utilizada” Govin & Felsenberg (1998) y aprobada por la OMS como el estándar de Oro para evaluar la Salud Ósea en 1994, esto hace referencia a que, cuando el paciente sometido a una Densitometría Ósea interactúa con un barrido de Rayos X, de alta y baja energía (de ahí el nombre, Absorciometría de Rayos x de Doble energía), como se menciona en el diccionario médico de la Clínica Universidad de Navarra dentro de su sitio web,2022 “permite calcular la cantidad de fotones que han sido absorbidos por un material, en este caso, el hueso, teniendo en cuenta los emitidos y los que lo han

atravesado, con lo que se puede deducir la calidad de dicho material” y así a través de una fórmula matemática procesada con un software instalado en una computadora, para así, obtener el resultado de la prueba que se expresa en gramos de mineral por área de volumen (g/cm^2), siendo este el cociente de la salud ósea del paciente examinado.

En su mayoría, la DO se utiliza para diagnosticar la osteoporosis, una enfermedad que comúnmente afecta a las mujeres después de la menopausia, pero que también puede afectar a los hombres y en menor frecuencia a los niños. Las técnicas utilizadas (AXD) para la estimación de la DMO se dividen en mediciones del esqueleto central (columna, fémur proximal, esqueleto total) y mediciones del esqueleto periférico (antebrazo, calcáneo). (Miranda, Muñoz, Paolinelli, & Astudillo, 2013). La toma de este estudio radiológico se realiza a nivel femoral (el cuello, el trocánter o el triángulo de Ward) (Figura 1).



Figura 1: Densitometría ósea de cadera izquierda, Fuente: Departamento de Densitometría en el Hospital Universitario de Puebla (HUP),2022

Así mismo, se realiza DO de columna lumbar (L1-L4) (Figura 2), Jacome et al. Afirma, “es recomendable y resulta de mayor utilidad para las personas de tercera edad realizarla a nivel femoral, aunque no está definida una edad concreta para esto ni la aportación a este nivel resulta muy superior. regularmente se evalúan estas dos áreas, ya que el fémur es el hueso más largo y la columna lumbar a su vez posee una gran cantidad de tejido óseo entre la anatomía de cada vértebra.

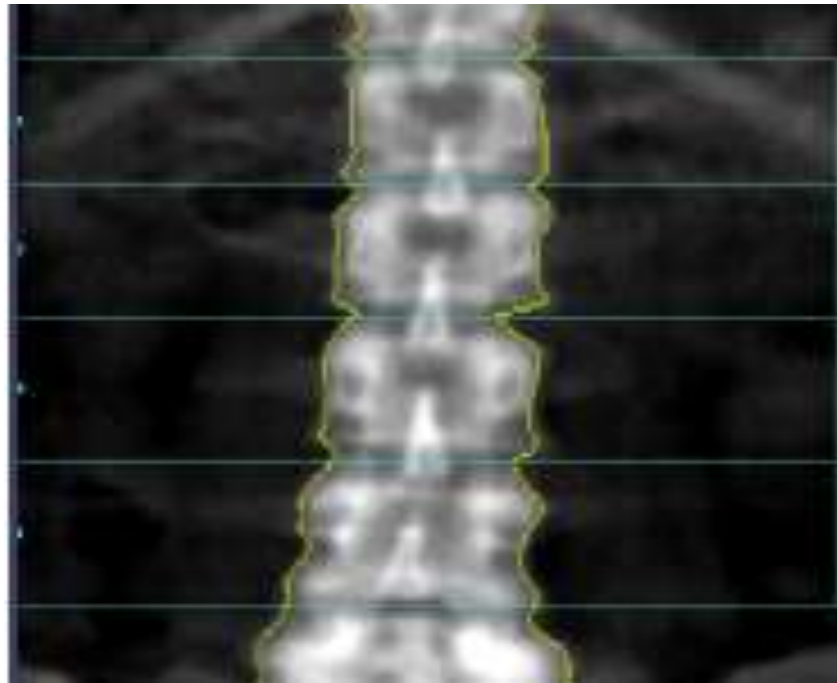


Figura 2: Densitometría ósea de Columna Lumbar, Fuente: Departamento de Densitometría en el Hospital Universitario de Puebla,2022

Siendo la columna lumbar, el interés general de este trabajo de investigación, ya que “Se recomienda medir la densidad ósea en la columna lumbar (los cuerpos vertebrales de L1 a L4) en proyección anteroposterior y ambas caderas (cuello femoral y/o cadera total) en todos los pacientes para diagnóstico de osteoporosis), es más adecuada ya que son los sitios más propensos a la baja densidad ósea y de mayor riesgo de fracturas osteoporóticas. (Miranda, Muñoz, Paolinelli, & Astudillo, 2013) (Branche, 2020)”, así mismo la DO de columna lumbar es evaluada para predecir riesgo de fracturas vertebrales.

“La DO tiende a ser erróneamente considerada como una técnica rutinaria y automatizada. Sin embargo, requiere una indicación apropiada, metodología cuidadosa e interpretación precisa, lo cual sólo es posible con la adecuada formación e interacción entre los encargados de la realización e informe del examen y médicos clínicos que los solicitan.” (Lorente Ramos, y otros, 2012)

Como menciona el Dr. Saráchaga en 2020:

Por ello es tan importante contar con un diagnóstico certero y oportuno a través de una prueba 100% indolora llamada densitometría ósea. Esta prueba hace un escaneo de los huesos para conocer su densidad mineral ósea y así establecer si están o no sanos. Una vez que el médico tratante analiza el examen, podrá establecer un esquema de tratamiento para el paciente que puede incluir medicamentos biotecnológicos de última generación que lo ayuden a mejorar su salud, calidad de vida y reduzcan el riesgo de futuras fracturas.

1.1.1 Principios físicos.

Jácome Calle, Camacho Marroquín, Hidalgo Mafla, & Ruiz Perugachi (2019) afirman que La AXD, mejor conocida como densitometría ósea, se basa en medir la transmisión y atenuación que sufren al atravesar el cuerpo, dos fotones de rayos X, uno de alta y otro de baja energía, los cuales nacen en una fuente emisora y llegan a una placa receptora con un coeficiente de atenuación (absorción) que es diferente para cada tejido, separando así el tejido blando (grasa) y el tejido óseo, que es la principal área de interés, (JOANN, 2010)

El uso de esta técnica radiológica, optimiza la diferenciación entre los dos tejidos. Después de detectar la absorción de cada uno de ellos al atravesar el paciente se calcula la DMO del hueso explorado mediante un proceso matemático, que posteriormente nos dará la estimación final.

En el caso concreto de los niños, se utilizan diferentes tipos de técnicas de medición ósea, como DO de todo cuerpo entero ya que la composición de sus huesos no es exactamente a las de un adulto. Para Genant (1995) y Genant et al (1994) la utilización de fotones con dos energías diferentes. Los rayos X de energía baja y los de energía alta se atenúan de forma diversa dentro de cada paciente. Eso crea un patrón de atenuación único en el detector, que se comunica electrónicamente al programa del escáner.

A continuación se realizan cálculos matemáticos que sustraen las señales del tejido blando, lo que produce un perfil del hueso. A continuación, se aplican algoritmos matemáticos donde se localizan los bordes óseos y se calcula un área bidimensional. Se calcula la densidad mineral ósea (DMO) media para todas las áreas como DMO contenido

mineral óseo (CMO)/ área. De esta manera, los tres parámetros de densitometría ósea que aparecen en los resultados de AXD son, área en centímetros cuadrados (cm²), el CMO en gramos (g) y la DMO en g/cm. Joann (2010)

La DMO es el parámetro más utilizado porque reduce el efecto del tamaño corporal. Si se conocen el CMO y el área, la DMO puede calcularse por la ecuación $DMO = CMO / \text{área}$. Esa ecuación puede utilizarse para determinar si un cambio de la DMO de un paciente se debe a una variabilidad del CMO, del área o de ambos. Davila Cordero (2013)

Dicho proceso descrito se inicia con la diferenciación de tejido óseo con respecto al blando, determinación del área explorada (cm²), determinación del contenido mineral óseo (CMO, g) y con el resultado de ambos datos se obtiene la densidad por unidad de superficie (DMO g/cm²) en cada subsector de la región ósea de interés (columna lumbar) explorada. (Figura 4) (Miranda, Muñoz, Paolinelli, & Astudillo, 2013)

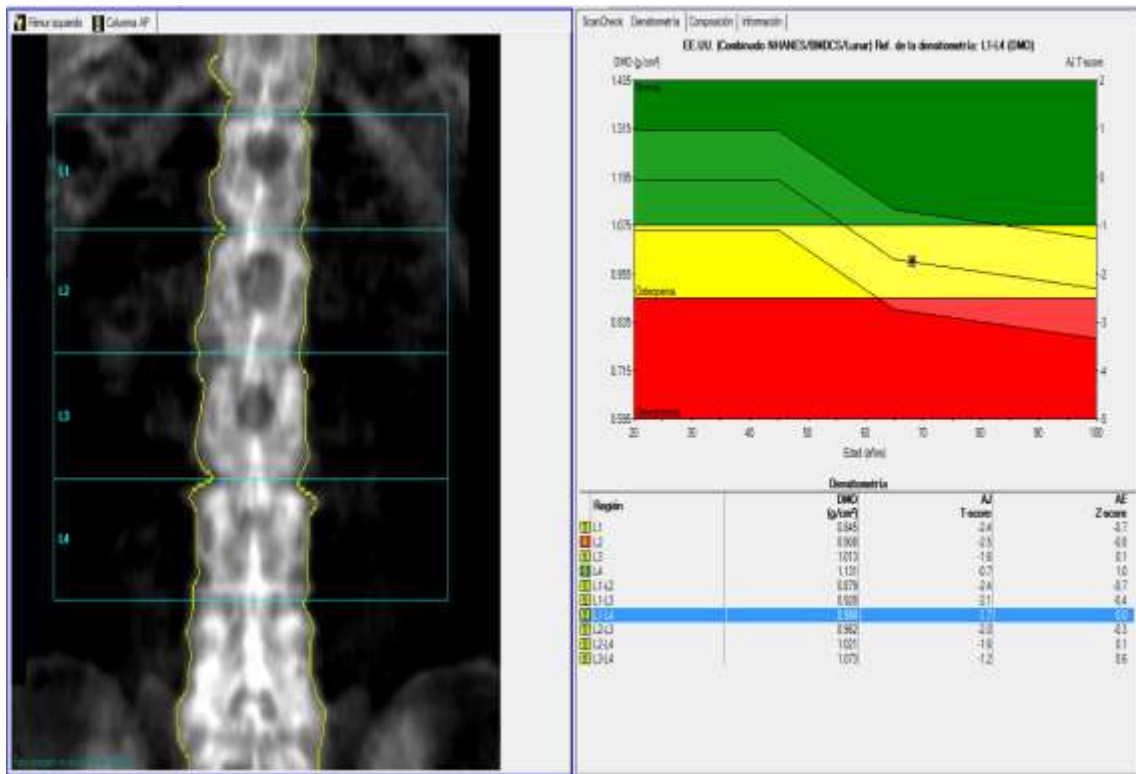


Figura 4 Resultados de Densitometría Ósea de columna lumbar, Fuente: Área de trabajo HUP,2022

Una disminución del CMO (estimación del mineral óseo en toda la región de un lugar de interés), origina disminución de la DMO; por otra parte, una reducción del área origina un aumento de la DMO. Si el CMO y el área se mueven proporcionalmente en la misma dirección la DMO no varía. En general, un cambio de la DMO del paciente con el paso del tiempo debe estar causado por una variación del CMO, no del área.

La DMO se basa en un área bidimensional, no en un volumen tridimensional, como es el caso de tomografía axial, por lo que la AXD es una técnica de proyección o de área. Se han creado técnicas para estimar la densidad volumétrica partir de imágenes de AXD, sin embargo, no se ha demostrado que mejoren la sensibilidad diagnóstica en comparación con

la densidad de área tradicional, reafirmando que el mejor método para evaluar la densidad ósea actualmente es la densitometría ósea.

Los valores de DMO obtenidos con escáneres de diferentes fabricantes no se pueden comparar directamente. No obstante, se han desarrollado fórmulas matemáticas para convertir la DMO de un fabricante en DMO estandarizada (DMOe), que puede ser comparada. (JOANN, 2010)”

1.1.2 Antecedentes históricos

El primer método de evaluación de masa ósea fue el estudio histológico y pese a considerarse estándar de oro en su evaluación, sus limitaciones por ser un método cruento, lento y costoso lo han relegado prácticamente a estudios de investigación.

Las técnicas que se han impuesto son indirectas siendo el más impreciso la radiología simple, ya que requiere una pérdida de MO de aproximadamente 30% para ser percibido. Los índices radiológicos semicuantitativos sean abandonado por su poca reproductibilidad y limitaciones de seguimiento clínico.

En la década de los 60's, Cameron y Soreson sentaron las bases para el desarrollo de técnicas cuantitativas de determinación de masa ósea con la absorciometría fotónica simple (SPA). El progreso tecnológico de la absorciometría de rayos x ha permitido el desarrollo de instrumentos capaces de cuantificar la masa ósea en distintas áreas esqueléticas con mayor exactitud. (Miranda, Muñoz, Paolinelli, & Astudillo, 2013) y representa un avance significativo para la cuantificación de la DMO (Figura 5)

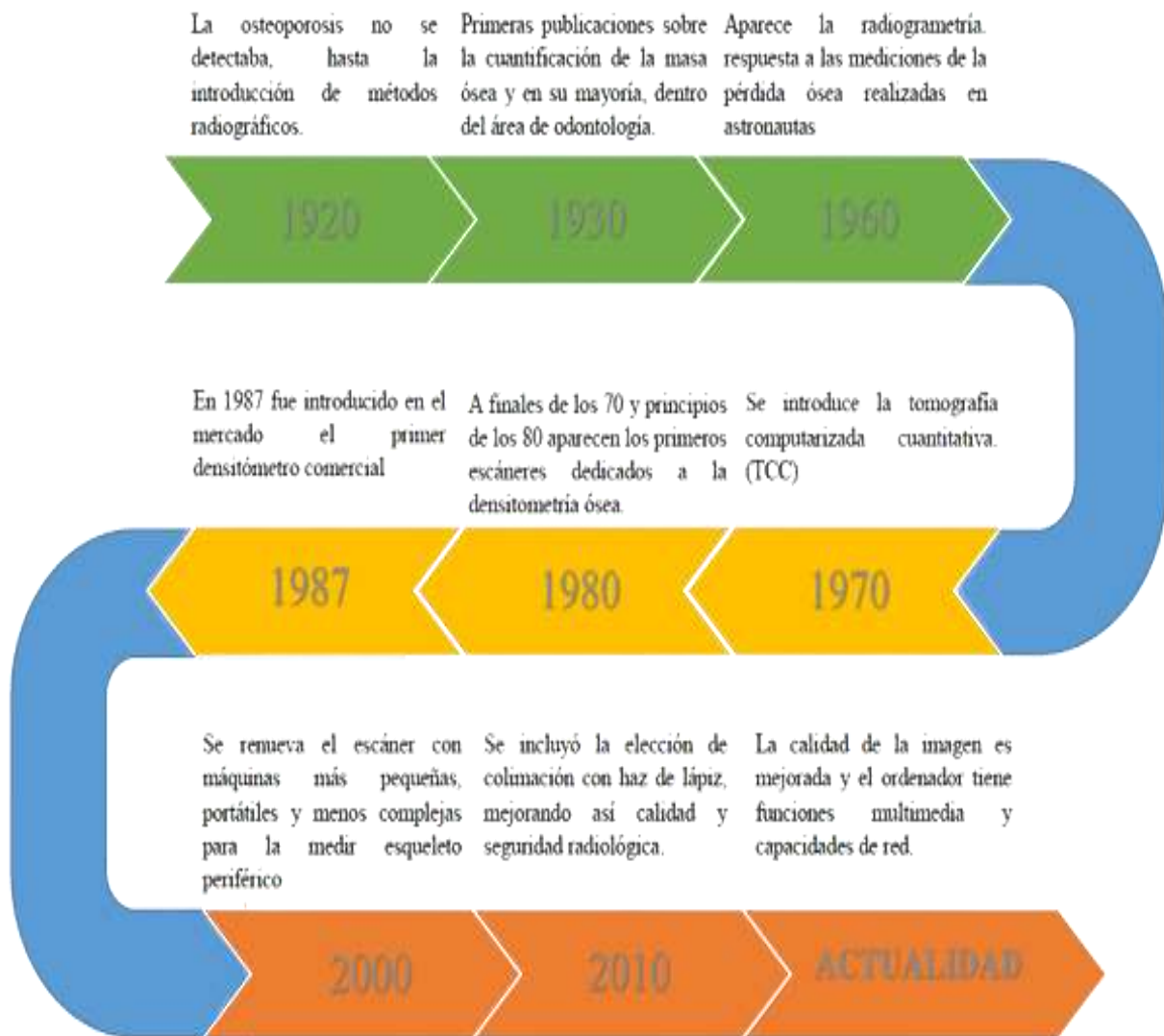


Figura 5.- Línea del tiempo Antecedentes históricos de la DO, Fuente: Atlas de posiciones radiográficas y procedimientos radiológicos, Vol. 3, Capítulo 36,2010

1.1.3 Tecnología actual

Los equipos que realizan AXD según plantea Barberán et al (2018) se pueden dividir en axial y periférico según la zona de exploración. Los densitómetros axiales (Figura 6) tienen capacidad segmentaria para evaluar caderas, columna lumbar, antebrazo y esqueleto total, ya que el “brazo” de exploración puede realizar un barrido, a lo largo del eje central del cuerpo.



Figura 6: Densitómetro GE Lunar: 1.-Interruptor de alimentación, 2.-Colchoneta de la mesa 3.-Brazo de exploración, 4.-Panel de control del brazo de exploración Fuente: Manual de usuario Radiodensitómetro óseo con software enCORE,2013

Así mismo “los equipos AXD axial cuentan con control de calidad estandarizado que permite comparar con seguridad la evolución de la MO. Los de última generación (ej. GE Lunar iDXA y Hologic Horizon) tienen una elevada exactitud (ROC 0,65- 0,9) y precisión (1-2%) (Nelson et al (2010), y como consecuencia, se obtienen imágenes de mejor resolución, menor radiación a la que se expone el paciente y menor tiempo de adquisición del examen

Dentro de las instalaciones del Hospital Universitario de Puebla, en el departamento de radiología, se cuenta con una sala de Densitometría ósea donde se trabaja con un

densitómetro Axial Lunar Prodigy de la casa comercial GE, con un software versátil y con los controles de calidad estandarizados

Los equipos periféricos (Figura 7) sólo evalúan muñeca o calcáneo y se caracteriza por una mayor variabilidad en los resultados, poca estandarización y ausencia de información de referencia aprobados, lo que genera resultados que pudieran contener datos erróneos. Su principal ventaja se debe a su menor costo y mayor adaptabilidad para transportarlo (debido a sus dimensiones). (BÁRBERAN M., y otros, 2018)



Figura 7: Densitómetro periférico para calcáneo. Recuperado de sitio web <https://www.ibersurgical.com/densitometros/309-densitometro-sonost-3000.html>

(ibersurgical S.L.)

Barberán M et al. (2018) afirman que en el caso de los equipos que se emplea ultrasonido, no se utilizan radiaciones ionizantes. En la actualidad, se aceptan como método de tamizaje, pero no permiten establecer por sí solos un diagnóstico, además del seguimiento o monitorización de terapia.

“Por otro lado, el QCT (Tomografía Axial Cuantitativa) y la resonancia magnética de alta resolución permiten la determinación cuantitativa de la masa ósea trabecular (hueso esponjoso), cortical axial y periférico. Sus limitaciones son la alta radiación ionizantes en QCT y su alto costo”. (BÁRBERAN M. et al. (2018)

1.1.4 Recomendaciones oficiales para realizarse una DO

Como plantea Jácome et al. (2014) No existe criterios unánimes de indicación de la densitometría. Pese a esto, distintos organismos y sociedades científicas, como la Fundación Nacional Contra la Osteoporosis (NOF, por sus siglas en inglés), la Sociedad Española de Reumatología (SER) o el Royal College Physicians, han elaborado sus sugerencias. Todas ellas se basan principalmente en factores de riesgo que conlleva tener una DMO baja.

Los factores de riesgos fundamentales para las patologías óseas son: la menopausia precoz, sobre todo si es quirúrgica, la inactividad física, el bajo peso corporal, el tabaquismo, el tratamiento prolongado con corticoides 7,5mg al día o mayores. Bajo estas circunstancias la NOF aconseja realizar DO a personas ya sea hombres o mujeres mayores de 65 años y en el caso de las mujeres realizarlas al momento del inicio de la menopausia o post menopaúsicas debido al riesgo de osteoporosis que presentan.

Al igual que la SER, sugiere realizarla durante y después de la menopausia ya que durante este periodo la mujer sufre un proceso de descalcificación, esto en el caso de las mujeres, sin embargo, en todos los casos incluyendo a la población masculina recomienda realizarla a partir de los 50 años, ya que considera como previsión factores como los anteriormente mencionados, porque a diferencia de la NOF que sugiere hacer la densitometría a los 65 años,

la SER sugiere realizarla antes para así prever anticipadamente los riesgos de padecer enfermedades oteometabólicas. Fracturas por baja deficiencia mineral y contribuir al oportuno diagnóstico de la salud de los huesos. (Ibañez, 2003)

Sin embargo, desde 2015, la Sociedad Internacional de Densitometría Clínica (ISCD), publicó las últimas posiciones oficiales, y en 2019 convoca una Conferencia de Desarrollo de Posición para hacer recomendaciones sobre los estándares en el campo de la densitometría ósea, fueron publicadas las nuevas posiciones oficiales en adultos sobre salud ósea. Los temas abordados incluyeron cuestiones técnicas y clínicas relevantes para la absorciometría de rayos X de energía dual (AXD), otras tecnologías para evaluación ósea que no son AXD central (QCT, QUS) la evaluación de fracturas vertebrales, regiones de interés, mediciones seriales densitométricas, evaluación de imágenes en perfil, trabecular bone score, AXD central para diagnóstico. Los criterios sobre la realización de DXA central no han presentado modificaciones. Concluyendo que: “El campo de la metodología de estudio en osteoporosis se está ampliando a nuevo software de forma permanente en los últimos años. Es por ello que la ISCD, como entidad más importante en el campo de la densitometría ósea, vuelca sus recomendaciones. Los aspectos más relevantes de estas nuevas recomendaciones ISCD para densitometría ósea en adultos, corresponden a las recomendaciones sobre como considerar la densitometría en individuos transgenero e individuos no conforme a su género, como realizar calibración cruzada de AXD agregando Hardware o sistemas, AXD en determinadas situaciones de cirugía ortopédica y valoración peri-protésica. Estos aspectos no habían sido considerados en recomendaciones previas. Continúa en las recomendaciones las denominaciones “Baja masa ósea” o “Baja densidad mineral ósea” en reemplazo del término osteopenia (Brance, 2020)

1.2 Densidad mineral ósea

Por definición, la Densidad Mineral Ósea es la “medida del mineral óseo por unidad de área de una región de interés. (JOANN, 2010)”. Este valor se obtiene cuando una persona se somete a una Densitometría ósea, y se representa en g/Cm^2 , este cociente se puede graficar en un estadío que es frecuentemente usado, llamado Desviación Estándar (DE) es la “medida de la variabilidad de los valores de los datos alrededor de su valor medio” (Cuadro 1) (JOANN, 2010)

Clasificación **Intervalos definitorios (DE) de acuerdo a valores de Índice T (T Score)**

<i>Normal</i> <i>(Verde)</i>	Valores de DMO dentro +1.0 y – 1.0 DE promedio para un adulto joven normal.
<i>Masa Ósea Baja (Osteopenia)</i> <i>(Amarillo)</i>	Se presenta cuando la DMO se encuentra entre -1.0 y -2.5 DE por debajo del promedio para un adulto joven normal.
<i>Osteoporosis</i> <i>(Naranja)</i>	Se presenta cuando la DMO se encuentra -2.5 DE por debajo del promedio para un adulto joven normal.
<i>Osteoporosis severa</i> <i>(Rojo)</i>	Se presenta cuando la DMO se encuentra -2.5 DE por debajo del promedio para un adulto joven normal y, además, hay una o más fracturas previas por fragilidad ósea.

Cuadro 1: Clasificación de la osteoporosis de acuerdo a las desviaciones estándar (DE)

Fuente: Navar.2003

La DMO es una variable que depende fundamentalmente de la edad, la raza y , el sexo, su utilidad práctica estimada por una densitometría es determinar el riesgo de fractura por osteoporosis, lo que depende de la correlación de este indicador con la de una población normal de referencia que contenga el software del equipo en el cual se realiza la medición y que comparte factores similares. Jácome Calle et al. (2019)

En síntesis, la DMO, permite cuantificar y así estratificar a través de las DE, el estado de salud en el que se encuentran los huesos, así como prevenir el riesgo de fracturas por una baja densidad ósea y según sea el caso iniciar un tratamiento clínico o seguimiento del mismo, es de suma importancia como paciente saber interpretar de manera práctica, el estado actual de la salud de los huesos.

1.2.1 Composición y remodelación ósea

Como una parte importante de la radiografía diagnóstica general se relaciona con el examen de los huesos y las articulaciones, la osteología (estudio de los huesos) y la artrología (estudio de las articulaciones) son temas importantes para el radiólogo, ya que la DMO está ampliamente asociada con la composición y calidad del tejido óseo, por tal motivo es indispensable poseer conocimientos anatómicos y de la composición ósea en columna lumbar.

El hueso es un tejido vivo, compuesto por dos tipos principales de hueso. El hueso cortical conforma la corteza o la parte externa, por ende, este tejido forma la capa densa externa de todos los huesos, y es importante ya que protege y brinda soporte todo el hueso y representa alrededor del 80% de la masa esquelética. En el interior de la cubierta de hueso compacto se aloja el segundo tipo de tejido óseo, el hueso trabecular (esponjoso), el cual conforma la parte porosa que confiere resistencia a la estructura ósea, formando así la micro arquitectura interna de los huesos (Figura 8), simulando una red dentro de los huesos, Soporta las cargas de compresión en la columna, la cadera y el calcáneo y también se encuentra en los extremos de los huesos largos, como el radio distal. Las cantidades relativas de hueso trabecular y cortical difieren en función de la técnica de densitometría ósea usada y de la zona anatómica estudiada (Murphy, 2004)



Figura 8: Micro arquitectura trabecular vertebral sana. Fuente: : <https://radiologykey.com>

Como describe Murphy (2004) “El hueso se renueva constantemente mediante un complejo proceso de destrucción y reconstrucción de las células óseas, conocido como remodelación ósea”. Este proceso es llevado a cabo por los osteoblastos y osteoclastos, la DMO depende de la velocidad relativa de estas dos células, ya que los osteoclastos son responsables de la degradación dejando fosas, y eliminan el hueso antiguo (reabsorción) y los osteoblastos son responsables de la formación de nuevo tejido o reparación ósea (formación) llenando las fosas con hueso nuevo. (JOANN, 2010)

Kelley, Kelley, & Kohrt, 2013 afirman que “El tejido óseo está en constante remodelación, como un tejido dinámico, se adapta y responde a varios estímulos, como el ejercicio físico y las vibraciones mecánicas”.

Los osteoclastos y los osteoblastos funcionan como una unidad de remodelación ósea. “En el hueso con funcionamiento normal, el ciclo de remodelación está íntimamente relacionado con procesos fisiológicos en los que la reabsorción iguala a la formación y la masa ósea neta se mantiene”. Murphy (2004) Si la velocidad de neoformación ósea es mayor que la de degradación ósea, la DMO aumenta, si ambos procesos ocurren a la misma velocidad, la densidad ósea permanece constante, por último, si la velocidad de degradación ósea es mayor que la neoformación ósea, la densidad del hueso disminuye. (Hoopingarner, 2004)

Cuando este proceso se desacopla, el resultado es una pérdida neta de masa ósea, la MO aumenta en la juventud hasta alcanzar máximo valor entre los 20 y los 30 años de edad. (Davila Cordero, 2013) plantea que “Después sigue un período de estabilidad en la edad media posteriormente se produce un período de disminución de la masa ósea máxima, que comienza aproximadamente a los 50 años en las mujeres y a los 65 años en los hombres”. La disminución de la masa ósea se hace pronunciada en las mujeres durante la menopausia debido a la pérdida de estrógeno con efecto conservador del hueso, si la MO máxima es baja y/o la tasa de reabsorción ósea resulta excesiva en la menopausia, se puede producir osteoporosis. (JOANN, 2010)

El sistema esquelético del adulto está compuesto por 206 huesos distintos, que conforman la estructura del cuerpo humano. El esqueleto adulto se divide en axial y apendicular.

El esqueleto axial comprende todos los huesos que están en el eje corporal central o cerca de él y consta de 80 huesos y abarca el cráneo, la columna vertebral, las costillas y el esternón, la segunda porción, el esqueleto apendicular, conformado por los huesos de las extremidades superiores e inferiores, además de las cinturas escapular y pelviana, comprendido por 126 huesos distintos (Murphy, 2004)

1.2.3 Osteopenia

Cuando el cuerpo humano alcanza su punto máximo de MO, posterior y gradualmente, esta tiende a disminuir, ya que el desgaste óseo supera al nacimiento de nuevas células ósea y sobreviene la osteopenia, que es un síndrome en el cual los huesos empiezan a “adelgazarse” (Figura 9), sin embargo, esto no quiere decir que la salud ósea se encuentre en malas condiciones, ya que es parte del ciclo natural de la vida.

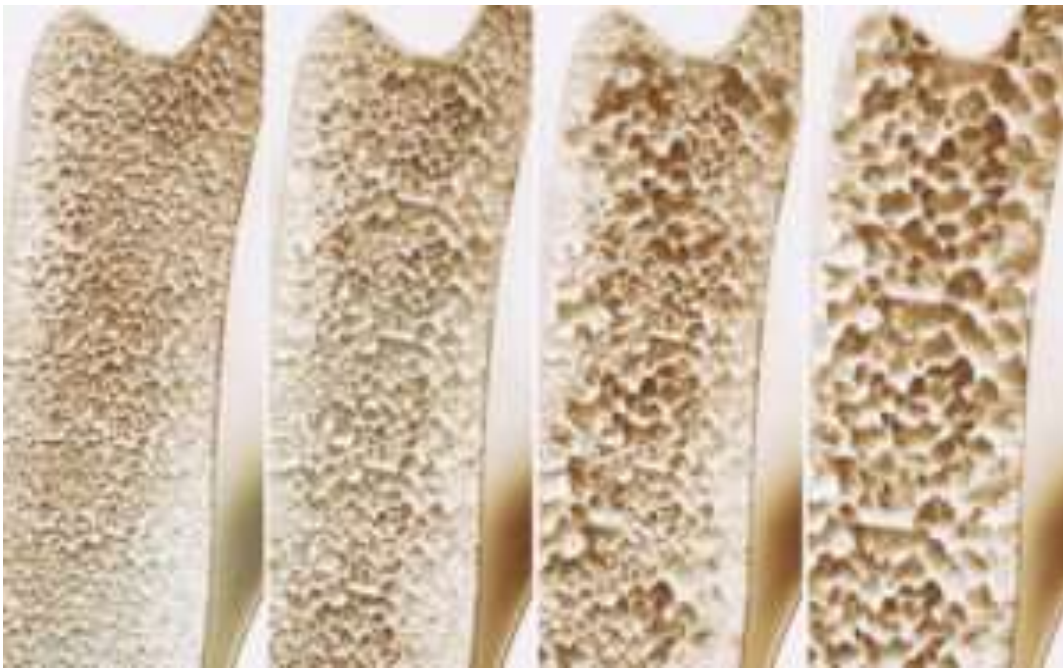


Figura 9: De izquierda a Derecha: Hueso Sano, Hueso con Osteopenia, Hueso con Osteoporosis y Hueso con Osteoporosis severa. Fuente: <https://fhoemo.com/wp-content/uploads/2018/10/iStock-626207916-300x169.jpg>

La organización mundial de la salud adoptó el significado densitométrico de osteoporosis en vista de la puntuación T dada por la estimación del densidad mineral ósea (DMO), de modo que hasta una puntuación T de -1, la masa ósea es normal, siendo mínimo el riesgo de

sufrir fracturas, y por debajo de -2,5 el riesgo sería alto y en consecuencia hablaríamos de osteoporosis; mientras que entre ambos valores, de -1 a -2,5, se clasifica como osteopenia, concepto que intenta caracterizar “lo que no es normal, pero tampoco patológico”. En este sentido, la densitometría permitió por una parte determinar de forma evidente cuando se presenta OP y por otro lado, medir el riesgo de sufrir una fractura ya que está comprobado que, por cada desviación estándar (DE) por debajo del valor teórico, el riesgo de sufrir una fractura, se multiplica. Pero, quizá, la desventaja más notable es que, ... ha generado esta clasificación de la OMS es el hecho de crear un subgrupo, que es el de la osteopenia. Además, no se plantea claramente qué es exactamente la osteopenia, ya que es una situación teórica y conceptualmente epidemiológica, en la que la densidad mineral ósea no es ni normal ni osteoporótica, se encuentra en el medio. Y en esta situación de definición borderline genera problemas en la práctica clínica. Debido a que es muy común la consulta por parte de pacientes que acuden preocupados porque se les ha determinado que padecen osteopenia, que puede ser normal en determinadas edades, lo que les provoca sentirse enfermos y en riesgo. O, en caso contrario podría existir una propensión a juzgar erróneamente el riesgo de fractura en pacientes en los que existe un verdadero riesgo de fractura. (Sosa Henríquez & Gómez de Tejada (2006)

La osteopenia, representa el color amarillo, dentro del semáforo de DMO, siendo el color verde, el que representa una buena DMO y el color rojo, representa así, cuando la cantidad de densidad mineral ósea es muy baja y puede considerarse osteoporosis, teniendo esto en consideración, se recalca la importancia de realizarse una densitometría ósea, a partir de los 65 años (NOF,2019), puesto que al saber el resultado de esta prueba, se analiza la

salud ósea y se pueden prevenir futuras enfermedades y revertir en gran parte la pérdida de MO

1.2.4 Osteoporosis: Problemática global

“La osteoporosis es una enfermedad osteometabólica (trastornos ocasionados por una función anormal de las células óseas) caracterizada por pérdida considerable de masa ósea y deterioro de la micro arquitectura del tejido óseo, afectando la calidad ósea y su fuerza, así como incrementando el riesgo de fractura. (Fernandes, 2014)”, dicho síndrome hace perder MO, consecuentemente, los huesos se vuelven más susceptibles a fractura por osteoporosis, esta ocurre con las actividades normales de la vida diaria, sin algún tipo de traumatismo de alto impacto. Las fracturas por osteoporosis ocurren frecuentemente en la muñeca, la columna vertebral y la cadera, aunque pueden ocurrir con menor frecuencia en otros sitios. (OSTEOPOROSIS MÉXICO, 2022)

Como plantea Camacho et al (2016) “Esta patología normalmente silenciosa representa un problema de salud pública, dado su prevalencia y los costos que conlleva. A nivel global se ha estimado que aproximadamente la mitad de las mujeres mayores de 50 años y 1 de cada 5 hombres, sufrirán una fractura osteoporótica a lo largo de su vida”.

Así mismo está comprobado que “El riesgo de fractura se incrementa de forma continua y progresiva conforme que la densidad mineral ósea (DMO) disminuye. El riesgo

de fractura se incrementa de 1,5 a 3 veces por cada desviación estándar (DE) que disminuya la DMO. (Jácome Calle, Camacho Marroquín, Hidalgo Mafla, & Ruiz Perugachi, 2019)”

“La osteoporosis es un desorden esquelético caracterizado por la fuerza ósea comprometida que predispone a un aumento en el riesgo de fractura. La fuerza ósea refleja la integración de dos características principales: Densidad y Calidad óseas.

(Jácome Calle, Camacho Marroquín, Hidalgo Mafla, & Ruiz Perugachi, 2019)”

AMGEN,2020, en su sitio web menciona que:

“Esta enfermedad es mucho más común en personas de más de 50 años, siendo las mujeres postmenopáusicas las que corren mayor riesgo de padecerla. Además de la edad, existen otros factores que pueden aumentar la probabilidad de padecer osteoporosis como: problemas de tiroides, desajustes hormonales, bajo consumo de calcio, uso prolongado de medicamentos cortico esteroides, estilo de vida sedentario, consumo excesivo de alcohol y tabaquismo. Los signos y síntomas de este padecimiento incluyen: dolor en la espalda – provocado por una vértebra fracturada o aplastada –, pérdida de estatura, postura encorvada y huesos que se rompen mucho más fácil de lo común.” (AMGEN, 2020)

(Barrios-Moyano & De la Peña García , 2018) Barrios M,et al (2018) en Ciudad de México realizaron un estudio cuyo objetivo fue conocer la prevalencia de osteoporosis y osteopenia, en trabajadores activos sanos de ambos sexos en quienes se evaluó la densidad mineral ósea mediante absorciometría dual de rayos X (DXA) central de cadera y columna. Mejor

conocida como densitometría ósea. El tiempo de evaluación fue de junio de 2009 a junio de 2010.

Resultados: Se reclutaron 1,431 pacientes: 258 (18%) hombres y 1,173 (82%) mujeres. De acuerdo con los parámetros internacionales, los diagnósticos de las densitometrías centrales fueron, de manera global: normales, 572 sujetos (40%); con osteopenia, 601 (42%); con osteoporosis, 258 (18%). Los resultados demuestran que las alteraciones degenerativas en pacientes con osteoporosis u osteopenia son frecuentes, incluso entre personas jóvenes.

Lago A, et al. (2008) en México se desarrolló un estudio titulado “Prevalencia de osteoporosis en población abierta de la Ciudad de México”, Con el fin de mostrar el predominio de osteoporosis en un grupo de población abierta de diferentes zonas de la Ciudad de México. Se trató de un estudio retrospectivo, transversal y abierto completado con 5924 informes densitométricos óseos. De los resultados, la densitometría mostró que 17.9% tiene osteoporosis (79.8 mujeres y 20.1% hombres), 34.5% osteopenia (76.1 mujeres y 23.8% hombres) y 47.4% tuvieron huesos con MO sana (75.8% mujeres y 24.1% hombres).

Concluyeron que dado que los cambios de la densidad mineral ósea se incrementan de manera exponencial con la edad, el índice de osteopenia y osteoporosis es muy alto después de los 40 años.

“En muchos casos, desafortunadamente la OP pasa desapercibida por años, ya que es silenciosa, debido a que la pérdida de hueso muchas veces no da síntomas y no es sino hasta que se presenta la fractura que se descubre la enfermedad, o bien, porque ignoramos algunos datos tempranos, como son la pérdida de altura o el encorvamiento. Afortunadamente existen

pruebas diagnósticas que permiten que el médico detecte oportunamente la enfermedad. Si usted tiene factores de riesgo, nota que ha perdido altura o alguna deformidad de espalda, o ha sufrido alguna fractura recientemente, acuda a su médico. (OSTEOPOROSIS MÉXICO, 2022)”

De esta manera la DO y la OP se encuentran ampliamente ligadas. “El estándar de oro para determinar el grado de osteoporosis es la medición de la densidad mineral ósea (DMO) mediante absorciometría por rayos X de doble energía. (World Health Organ, 1994)”

La AXD es también efectiva en el seguimiento de los efectos del tratamiento para la osteoporosis y otras enfermedades que generan pérdida ósea. (Jácome Calle, Camacho Marroquín, Hidalgo Mafla, & Ruiz Perugachi, 2019)

1.2.5 Estándares mundiales para comparar la DMO

Los valores de referencia de la densidad mineral ósea son basados en sujetos de la población general libres de enfermedades crónicas que afectan el hueso y quienes no ingieren medicamentos que influyen de alguna manera el metabolismo del hueso como son los corticoesteroides y anticonvulsivos.

“Se ha demostrado que los estándares de referencia de diversas poblaciones blancas son básicamente indistinguibles, razón por la cual, en 1994, se tomó como modelo mundial el NHANES III, una base que compara los datos con personas en todo el mundo (Estados Unidos, Australia, España, Brasil, Argentina y Finlandia). (Jácome Calle, Camacho Marroquín, Hidalgo Mafla, & Ruiz Perugachi, 2019)

Pequeñas variaciones en lo que respecta al aspecto saludable, nutricional y actividad física no han logrado demostrar tener una significativa influencia sobre los valores de referencia, sin embargo, el peso corporal sí parece tener algún impacto. La raza influye directamente sobre la densidad mineral ósea, por ejemplo, los individuos negros tienen un 8-12% mayor densidad que los blancos. Los Hispánicos también tienen una densidad mayor que los blancos, aproximadamente 2-4%. Los descendientes asiáticos tienen una densidad mineral ósea más baja que los negros o caucásicos, hallazgo que parece estar relacionado con su menor superficie corporal. Lo que indica que muchos factores intervienen en una medida ósea variada, pero cabe destacar que una densidad ósea alta no es sinónimo de buena salud, como también tenerla baja no necesariamente es un indicador de deficiencia ósea. (Jauregui, 2014).

El procedimiento convencional para densitometría se restringe a un barrido Postero-anterior de la columna lumbar, utilizando el puntaje (score) de la OMS para finalmente concluir cuál es el grado de osteopenia u osteoporosis en la región examinada.

Para la columna lumbar, se usa el promedio de las densidades en L1 a L4; estos valores son generados automáticamente por el densitómetro (Figura 10),

Densitometría			
Región	DMO (g/cm ²)	AJ T-score	AE Z-score
L1	0.845	-2.4	-0.7
L2	0.908	-2.5	-0.8
L3	1.013	-1.6	0.1
L4	1.131	-0.7	1.0
L1-L2	0.879	-2.4	-0.7
L1-L3	0.928	-2.1	-0.4
L1-L4	0.984	-1.7	0.0
L2-L3	0.962	-2.0	-0.3
L2-L4	1.021	-1.6	0.1
L3-L4	1.073	-1.2	0.6

Figura 10.- Resultado de DO de columna lumbar, mostrando el valor de DMO, T-score y Z. score, en cada región examinada Fuente: Base de datos software enCORE, dentro del área de trabajo HUP,2022

Se emplea la discriminación de tejidos blandos y óseos por un haz de fotones de doble energía (80 y 100 Kv), técnica conocida como Absorciometría de rayos X de Doble Energía y delineando por software las áreas de vértebras, separando así ambos tejidos y enfocándose en hueso A estos valores se les asigna un índice (score) que los compara con los resultados de una gran muestra de personas clasificadas como normales para su misma edad (Z-score) o adultos jóvenes (T-score). Es claro que la dispersión en los registros de vértebras se traslada a la clasificación de osteoporosis expuesta anteriormente.

1.2.6 Puntuación Z

Esta prueba indica la densidad de calcio que tiene el hueso en relación al promedio de la población de personas que le corresponde de acuerdo a su edad, sexo, peso y talla del paciente. Jácome et al. (2019)

1.2.7 Puntuación T

De los diferentes datos que aporta la prueba, la T-Score es el parámetro fundamental a valorar en una DO ya que es la determinación que aporta la información necesaria para establecer un diagnóstico.

¿Cuándo se utiliza la puntuación T-score o Z-score?

T-score

- En mujeres posmenopáusicas y hombres a partir de 50 años.
- T-score no se puede aplicar a las mujeres pre menopáusicas sanas, hombres menores de 50 años, y niños. (Galán, 2018)

Z-score:

- En mujeres pre menopáusicas sanas, hombres menores de 50 años y niños
- Z-score -2.0 o menos, se define como "debajo del rango esperado para la edad"
- Z-score superior -2.0 está "dentro del rango esperado para la edad". (Galán, 2018)

“Generalmente, los resultados de la DMO se comparan con la densidad mineral ósea de un adulto joven promedio en buen estado de salud con la del paciente y recibe una puntuación T (T score). Si la puntuación del paciente es de 0 significa que la densidad mineral ósea es igual a la normal para un adulto joven sano (30 años). La diferencia entre el DMO y la de un

adulto joven sano se mide en unidades denominadas desviaciones estándar (DE). Cuantas más desviaciones estándar por debajo de 0 tenga, es decir que estén indicadas con números negativos, menor es la densidad ósea y mayor será el riesgo de fractura”. (Jácome Calle, Camacho Marroquín, Hidalgo Mafla, & Ruiz Perugachi, 2019)

Un T-score entre +1 y -1 se considera normal o saludable. Una puntuación T entre -1 y -2.5 indica que se tiene una densidad ósea baja, aunque no lo suficientemente baja como para dar lugar a un diagnóstico de osteoporosis. Una calificación T de -2.5 o más baja indica osteoporosis. Cuanto más grande es el número negativo, más grave es la osteoporosis (Institutos Nacionales de la Salud, Centro Nacional de Información sobre la Osteoporosis y las Enfermedades Óseas., 2018)

. Jácome Calle et al. (2019) señala que:

La densitometría generalmente informa la DMO en puntaje T, el cual representa el número de desviaciones estándar que el valor del paciente se aleja, en positivo o negativo, respecto al promedio de una población del mismo sexo, adulta y joven. En adultos se evalúan los cambios, ya sea de pérdida o ganancia de masa ósea, usando el valor T. Mientras que, en pediatría, la DMO de cada niño se evalúa mediante el puntaje Z, que representa el número de desviaciones estándar que el valor del paciente se aleja, en positivo o negativo, del promedio de una población del mismo sexo y edad.

2. Antecedentes específicos

2.1 Criterios de calidad en densitometría ósea

Tener la certeza de que el resultado del estudio es el correcto y sin ningún tipo de alteración por un mal seguimiento de los criterios de calidad, es fundamental y sumamente indispensable y esto se logra en base a distintos factores que afectan al resultado, existen factores que son responsabilidad del técnico radiólogo (TR) a cargo de la toma del estudio y otros que tienen que ver directamente con el paciente que será examinado, dicho esto, todos estos factores influyen en la preparación, examinación y resultado de la prueba y se abordan los factores que influyen en el resultado de la prueba ya sea positiva o negativamente y tienen que ver con:

- Densitómetro y Software utilizado
- Paciente Examinado
- Técnico Radiólogo

En conjunto, para obtener una DO perfecta, estos factores deben cumplir ciertos requerimientos, todo esto siguiendo los criterios de calidad oficiales, compartidos por la Asociación Internacional de Densitometría Clínica (ISCD), ya que es la entidad con más presencia en el campo de la DO, así como de manuales radiológicos como: Atlas de Posiciones radiográficas y procedimientos radiológicos 11ava Edición Capítulo 36, Densitometría Ósea, dichos criterios serán descritos.

La práctica y el desarrollo de los procedimientos radiológicos se ampliaron con rapidez después de la introducción del ordenador en medicina, Así mismo el ordenador contribuyó a los avances principales en el campo de la densitometría ósea. Los procedimientos de

control de calidad *se* realizan de acuerdo con la recomendación del fabricante(GE). Se deben aplicar con certeza de seguir las instrucciones del fabricante presentadas en el manual del operador, estos procedimientos tienen el objetivo común de asegurar que los pacientes son examinados en un densitómetro con funcionamiento correcto y calibración estable. (Figura 11)

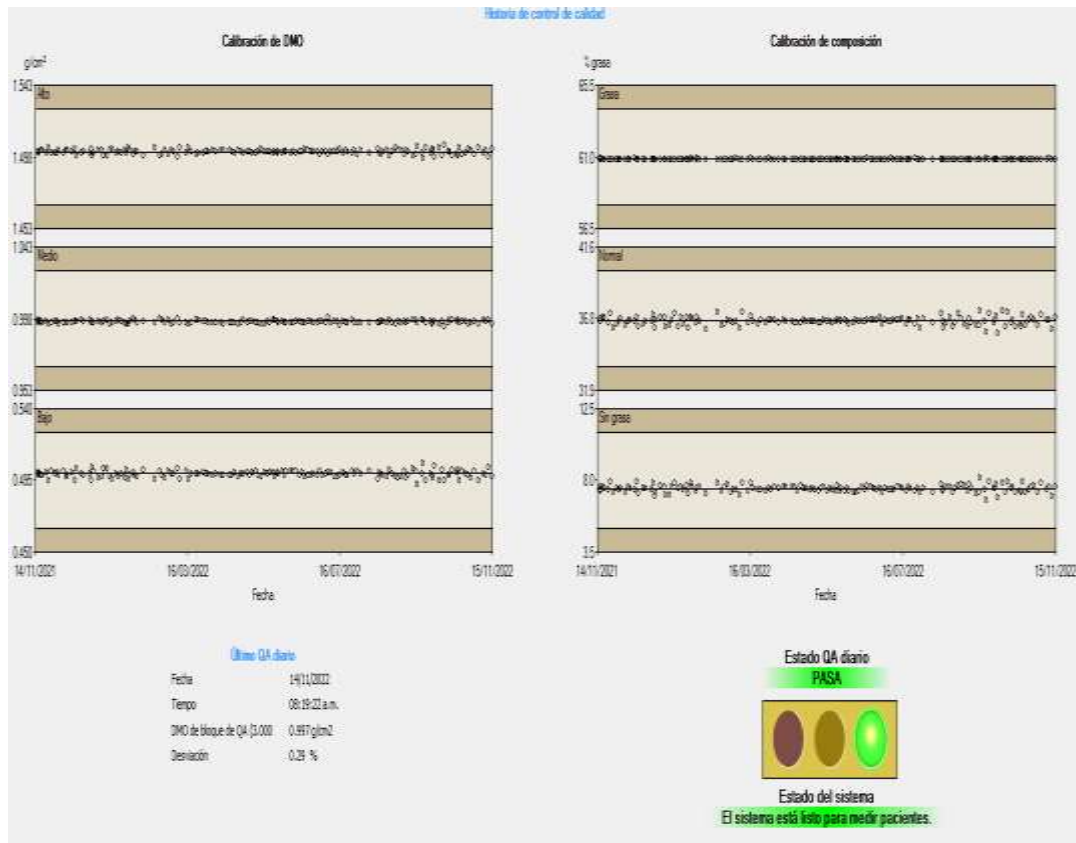


Figura 11: Control de calidad diario en equipo GE Lunar, calibración estable, Fuente: Software enCORE, área de trabajo HUP,2022

Estas anomalías hacen que los valores de DMO del paciente sean demasiado altos o bajos y prohíben una comparación válida entre la primera DO realizada y los estudios del seguimiento posteriores. (CAUDILL, 2010)

Cuando dichos procedimientos no son recomendados por el fabricante, la International Society of Clinical Densitometry (ISCD) aconseja lo siguiente: Estudios periódicos (por lo menos una vez a la semana) de fantoma (Figura 12) con cualquier sistema de AXD como una evaluación independiente de la calibración del sistema, puesto que esta herramienta posee una densidad mineral ósea y a partir de ahí se realiza el escaneo diario donde se grafican los resultados y si no hay alteraciones, el equipo se encuentra listo para comenzar a usarse.



Figura 12: Fantoma, herramienta para poder calibrar el densitómetro Fuente: Área de trabajo HUP,2022

La DMO es representada gráficamente, monitorizada y comprobada con reglas estadísticas y de control de calidad, cuando los valores de la DMO del fantoma son superiores y quedan fuera de los límites posibles, la DO debe repetirse de inmediato; en caso de que la prueba

vuelva a fallar, se debe avisar al servicio y se cancelarán las citas de pacientes. Si la DMO permanece fuera de los límites de control, hay que ponerse en contacto con el fabricante y re-agendar las citas de pacientes. Ningún paciente debe ser explorado hasta que el equipo haya sido reparado y esté funcionando dentro de los valores conocidos. aunado a eso, se deben hacer y representar gráficamente 10 estudios del fantoma antes y después del mantenimiento preventivo, la reparación, el cambio de localización y las actualizaciones de la programación y los componentes físicos del escáner Se espera que esta acción garantice que la alineación no se ha modificado y que se pueden realizar los cambios oportunos.

El fantoma y los valores deben ser inspeccionados antes de que el ingeniero de servicio abandone la sala de densitometría. Los ajustes de recalibración se introducirán antes de explorar a cualquier paciente. El TR debe regular esa operación. la inconsistencia del estudio, el análisis o la interpretación de los resultados obtenidos con el fantoma puede conducir a errores de precisión y de los resultados de los pacientes. Además, el técnico responsable, debe conocer los procedimientos de control de calidad y aplicarlos de modo fiable y continuo, los laboratorios de AXD deben contar con procedimientos por escrito e instrucciones documentadas para asegurar la consistencia entre los diferentes técnicos. El técnico debe llevar archivos de servicio así como cumplir las inspecciones gubernamentales, las revisiones de radiación y los requisitos legales (CAUDILL, 2010)

2.2 Exactitud y precisión

Existen datos estadísticos que tienen importancia particular en DO. La densitometría ósea difiere de la radiología diagnóstica en la calidad y definición radiográfica de la imagen,

ya que el objetivo primario de la AXD es la medición cuantitativa exacta y precisa de la DMO por el programa del escáner, que requiere un equipo estable y un trabajo cuidadoso y consistente por parte del TR responsable. En este sentido, dos mediciones importantes del rendimiento en densitometría ósea son la exactitud y la precisión. La exactitud guarda relación con la capacidad del sistema para medir el valor verdadero de un objeto. La precisión se asocia con la capacidad del sistema para obtener los mismos resultados (no necesariamente exactos) en mediciones repetidas del mismo objeto. Caudill (2010)

Poseer precisión en la medición de la DMO tiene amplia relación con la exactitud, que se caracteriza como el nivel de cumplimiento con el que el valor deliberado refleja el valor verdadero o real del objeto medido. Por lo general, la exactitud de un escáner de densitometría ósea es mayor del 10%, lo cual resulta adecuado para la valoración clínica del riesgo de fractura y para el diagnóstico de osteoporosis. La exactitud está determinada sobre todo por la correcta calibración y mantenimiento correctivo del escáner, sugerida 1 o 2 veces al año que es realizada por el fabricante del mismo. (CAUDILL, 2010), prácticamente esta característica depende del densitómetro, que debe ser evaluado con regularidad y analizar los resultados de la calibración del escáner.

Por otra parte, la precisión es la capacidad que posee un sistema de Absorciometría de Rayos X de Doble Energía (AXD) para obtener valores uniformes de DMO en mediciones repetidas de un mismo paciente. Esta cualidad determina el menor cambio significativo en la densidad ósea que puede ser reconocido desde el punto de vista estadístico como un cambio real y no debido a errores aleatorios de la medición (ej.: mala calibración del densitómetro)

La precisión es vigilada con cautela ya que resulta relativamente fácil determinarla y constituye la medida de rendimiento más importante para seguir la DMO de un paciente a lo largo del tiempo y se expresa comúnmente como CV% (Coeficiente de Variación) y un valor pequeño indica mayor precisión. dicha medida se puede obtener in vivo (En un paciente) o in vitro (en un objeto inanimado), esta última representa la clave de los sistemas de control de calidad incorporados en los escáneres para detectar las derivas y los cambios (variaciones) de la calibración, en caso de que llegaran a presentarse para la realización de este proceso cada fabricante proporciona un fantoma, especialmente para realizar la calibración del radiodensitómetro. (CAUDILL, 2010)

El equipo tiene que ser ajustado constantemente por el TR, puesto que es un proceso fundamental del control de calidad del equipo, consiste en medir una estimación de un patrón de referencia o fantoma con densidad conocida que simula los puntos anatómicos medidos. Se compara el valor deliberado y el valor registrado del fantoma y de esta forma, se determina la desviación de la medición. Barberán et al (2018)

El objetivo de este ajuste, es asegurar la exactitud del equipo y debe realizarse dentro de intervalos constantes de tiempo. Caudill (2010) afirma que para la realización este proceso, primeramente, se selecciona en el PC la opción de escaneo diario, el brazo explorador se sitúa al otro extremo de la mesa y con el puntero laser, se centra perfectamente el fantoma (Véase Figura 12). El TR debe observar el procedimiento; debe revisar el informe y anotar si el sistema paso todas las pruebas de parámetros internos (véase Figura 11) concluyendo la calibración con valores dentro de lo que se considera “permisible” se puede dar paso a iniciar con las densitometrías del día.

Cada laboratorio de AXD debe conocer su precisión in vivo. Esa precisión se emplea para determinar la magnitud del cambio de la DMO que debe ocurrir a lo largo de un periodo de tiempo para poder asegurar que el cambio se debe a una variación de la DMO del paciente y no al error de precisión del técnico y del densitómetro, siendo esto de vital importancia, para obtener resultados correctos. Los principales factores que afectan a la precisión comprenden lo siguiente:

- Reproducción correcta de la posición y la colocación de la región de interés (RDI).
- Variaciones anatómicas y patológicas
- Peso excesivo o muy bajo.
- Cambios grandes de peso en el paciente a lo largo del tiempo.
- Factores geométricos en los escáneres de matriz.
- Estabilidad y constancia de la calibración del escáner y la detección del borde.

(Bonnick, 1998) (Gluer & al, 1995) recuperado de: Atlas de posiciones radiográficas y procedimientos radiológicos 11ava Edición.

Los errores de precisión dependen del intervalo de tiempo entre las estimaciones repetidas, y pueden ser tanto a plazos cortos como a lo largo. Normalmente, se espera que los errores a largo plazo sean superiores a los de corto plazo debido a variaciones atribuibles a pequeños problemas en la calibración de las DO, cambios en el peso y/o composición de los tejidos blandos de los pacientes o en su posicionamiento durante la exploración y los contrastes en la obtención de la imagen y análisis de la DO entre el personal que realiza las exploraciones. El mejor interés clínico en la información sobre el error de precisión a largo plazo radica en

la posibilidad de cambios genuinos en la densidad mineral ósea durante el plazo en el que se hacen las estimaciones (de unos pocos meses a años)”. (Jácome Calle et al, 2019)

Las regiones examinadas con AXD, demuestran que la precisión de la cadera total es del 1%, de la columna vertebral es de 1,5-2,5%, y la del cuello femoral, entorno al 2-3%. La precisión de las técnicas ionizantes descritas es muy alta (95%), sin embargo, puede verse afectada por factores dependientes del propio sistema de medida, del técnico radiólogo y del paciente, siendo de suma importancia que se tomen en cuenta los criterios necesarios para una perfecta densitometría ósea. Así, un densitómetro y un técnico radiólogo tienen una precisión combinada, ya que para mantener esta reproductibilidad uniforme, se debe realizar el correcto barrido de calibración, realizado por el TR, antes de iniciar con las densitometrías agendadas.

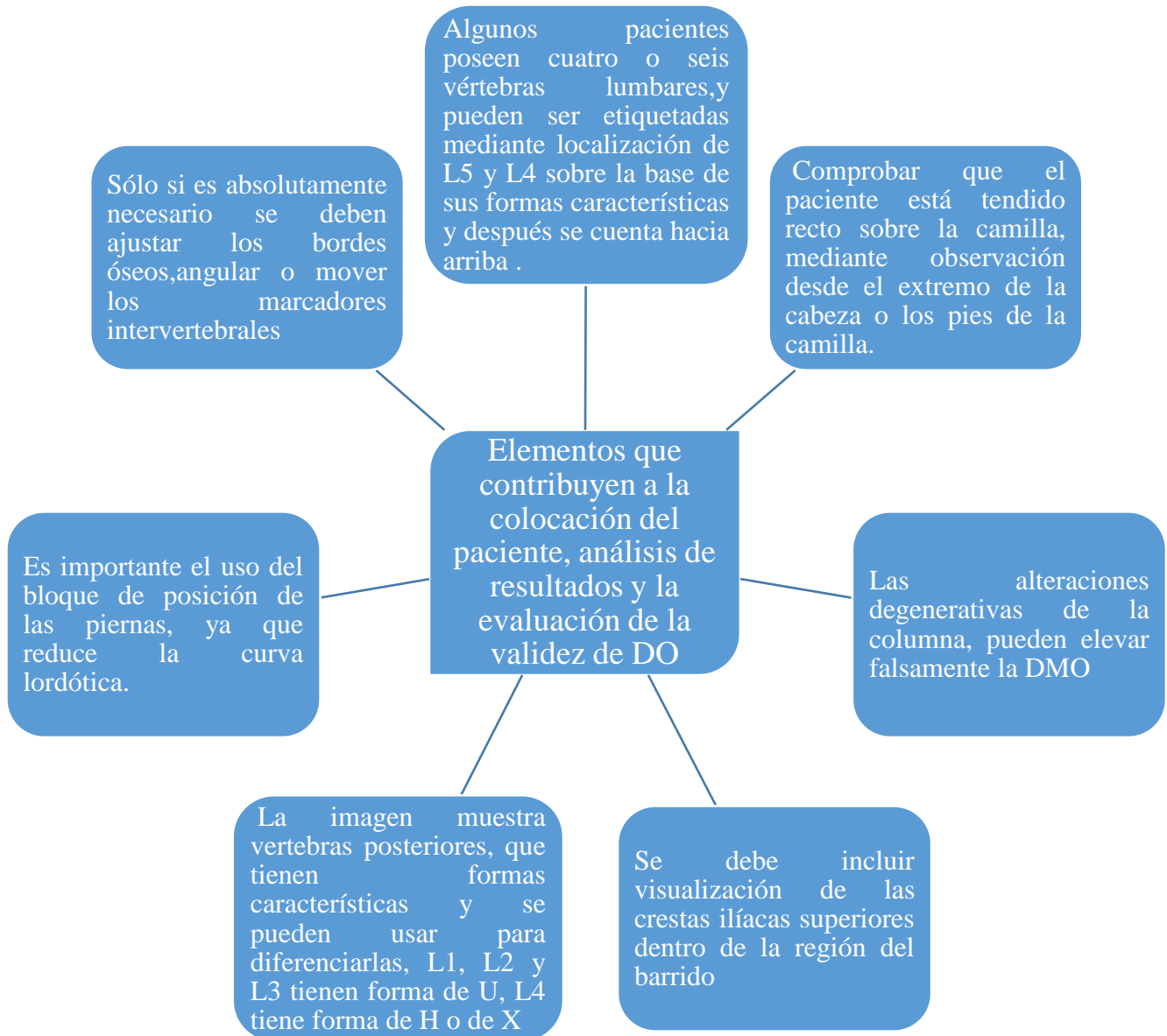


Figura 13: Factores para una correcta DO. Elaboración propia, Fuente: Manual de posiciones

2.3 Posicionamiento del paciente

El presente trabajo de investigación, se enfoca específicamente en columna lumbar ya que la DO de esta zona del cuerpo, es más apropiados para predecir el riesgo de fractura vertebral. Sin embargo, también existen protocolos de posicionamiento en densitometría ósea para cadera, corporal total, antebrazo, calcáneo y densitometría pediátrica. Caudill (2010)

Las consideraciones sobre posicionamiento se describen con más detalle, puesto que es la técnica utilizada con mayor frecuencia en situaciones anormales, asociadas con anomalías o variaciones anatómicas (escoliosis) y podría ser necesario modificar el posicionamiento, según especificaciones del protocolo del servicio. (Hoopingarner, 2004)

“Los técnicos radiólogos reciben instrucción extensa en anatomía durante su formación profesional. El estudio de AXD necesita conocimiento de la anatomía densitométrica. Esa anatomía guarda relación con la posición correcta del paciente para la adquisición de los datos, es necesario conocer la información suministrada por el fabricante del escáner específico antes de utilizarlo. El manual del operador que acompaña al equipo es la guía de referencia. Como todas las tecnologías, la AXD tiene límites de operatividad. (CAUDILL, 2010)”

Después de que el técnico radiólogo le explique al paciente todo el proceso que conllevará la toma de su densitometría ósea y le resuelva sus dudas al respecto, se le indicará recostarse sobre la camilla de exploración en posición anteroposterior supino con el plano medio sagital centrado sobre la línea media de la camilla (AP) , brazos a los costados, se alinea al paciente con el puntero laser del escáner y se le solicita que eleve las piernas ya

que se coloca una “almohada rectangular”, llamada bloque de posición, debajo de ambas piernas, tratando de que el fémur y la pierna formen un ángulo lo más recto posible,(figura 14)teniendo en cuenta las posibles limitantes físicas del paciente.



Figura 14: Posicionamiento correcto para densitometría ósea de columna lumbar. Fuente: Área de trabajo, HUP,2022

La finalidad del bloque de posición de las piernas es reducir la curva lordótica, abrir los espacios intervertebrales y reducir la distancia parte-imagen (Anexo1). Lampignano, 2010 afirma que es significativas la consistencia en el uso de la misma altura del bloque de posición de las piernas cuando el paciente regresa posteriormente para los estudios periódicamente. Además, la columna vertebral debe estar recta y alineada con el campo de barrido, si es necesario se puede modificar la posición del paciente. Los cuerpos vertebrales

anormales (fractura vertebral) se excluyen en el resultado final de la DMO. Hoopingarner (2004)

El software permite adquisición y delimitación de las áreas de interés y rebordes óseos, sin embargo, permite la manipulación manual de las imágenes que puede abordar algunos errores sobre todo de las de limitaciones de área. La información básica aportada al equipo (computadora) como edad, peso, talla, género, etnia, deben ser correctas ya que pueden inducir a error en los resultados obtenidos. El posicionamiento correcto en la camilla que se obtiene con ayuda del sistema óptico (laser) del equipo. El TR deberá verificar que se cumplan los criterios de calidad del equipo. Dasher et al (2010) Lorente Ramos et al (2012)

“La AXD es un instrumento cualitativo usado para examinar el cambio de la DMO con el paso del tiempo. La comparación correcta de los resultados de DMO exige realizar estudios secuenciales con el mismo escáner empleado desde la primera prueba. La precisión está en manos del técnico. Cuanto menor sea la intervención del técnico y la variación del equipo de AXD, más precisos serán los resultados y con más exactitud reflejaran un cambio biológico verdadero a lo largo del tiempo, además, es imperativo colocar al paciente exactamente igual para la prueba inicial y los estudios seriados. Los ajustes del estudio deben ser los mismos y las RDI se deben colocar de forma idéntica (colocando el bloque de posición), esos pasos aseguran que los resultados de la prueba son comparables a lo largo del tiempo. CAUDILL (2010)

Así mismo BÁRBERAN M, et al (2018) afirma que: “La calidad de la medición dependerá de factores dependientes del equipo, del paciente y de la imagen obtenida”.

2.4 Procesamiento de la imagen

La obtención, el análisis y el archivado de los estudios de AXD se controlan a través de un ordenador personal (PC). Por tal motivo, el técnico radiólogo debe estar familiarizado con los componentes esenciales del PC y su funcionamiento, los programas de AXD más actuales funcionan sobre el sistema operativo Windows desde la versión XP y posteriores. Ya que esta programación, basada en Windows tiende a ser más fácil para el usuario.

La programación de los equipos de cómputo, consiste en programas escritos en código que instruyen al ordenador para que realice las tareas. El programa del fabricante del equipo de AXD controla muchos aspectos del estudio (DO), desde el comienzo de la prueba hasta las estimaciones y el informe de los resultados. Los componentes físicos incluyen diversos dispositivos para procesamiento, entrada de datos, salida de resultados y almacenamiento.

“Los técnicos necesitarán actualizar sus conocimientos de informática en base al software de AXD (enCORE) y los componentes físicos del sistema, que permiten la comunicación entre el escáner y el sistema de imagen digital a través de funciones multimedia y de red” (Caudill, 2010).

El gran innovador avance, permite realizar una prueba en un lugar y enviar los datos a otro lugar remoto para lectura o revisión por un médico intérprete, por estos motivos, el técnico

debe ser capaz de hacer copias de seguridad, archivar, localizar y recuperar los archivos de los pacientes, para historial clínico y comparativa de estudios seriados. Se recomiendan las copias de seguridad y el archivado diario para salvaguardar los datos de los pacientes. Un tercer duplicado de los datos se debe almacenar en un lugar distinto para asegurar la recuperación de los datos y la reconstrucción de las bases de datos en casos de avería del ordenador o alguna catástrofe. (Caudill, 2010)

Caudill (2010) menciona: Las actualizaciones de programación son entregadas regularmente por los fabricantes (GE), y el TR tiene la responsabilidad de instalarlas en su sistema, además se deben llevar registros con las actualizaciones y la instalación de los programas y deben estar accesibles para los ingenieros de servicio en el momento del mantenimiento preventivo y de las reparaciones.

En el procesamiento del examen con el equipo DXA se reproducen las imágenes obtenidas del área de interés examinadas (columna lumbar). En estas se delimitan las regiones de interés (RDI), y se calcula la DMO. Este valor se compara contra una base de información normalizada, que actualmente es NHANES III (National Health and Nutrition Examination Survey III), comparando al paciente con sujetos del mismo sexo y nacionalidad, comparado con una persona con la misma edad (Z-score) y por la edad en que se obtiene el valor máximo de la masa ósea (T-score), que se alcanza a los 30 años.

Shepherd et al (2015)

Una vez realizado el estudio y recibidas las imágenes en el software (enCORE) del equipo de cómputo, se delimitan las regiones de interés (RDI) (Figura 15) se guardan los cambios y se obtiene el cociente de el examen, se imprime o se envía directamente al médico que interpretará los resultados

Los puntos siguientes indican que la toma de una densitometría ósea de columna lumbar AP (PA) es perfecta, contribuyendo así al análisis de los resultados y la evaluación de la validez de la prueba:

- La columna esta recta y centrada en el campo de barrido.
- El barrido contiene una porción de la cresta iliaca y la mitad de T12; se muestra la última pareja de costillas en los casos aplicables.
- El campo de estudio completo está libre de artefactos externos.
- Los marcadores intervertebrales (RDI) están correctamente colocados.
- Los niveles vertebrales están correctamente etiquetados.
- Los bordes óseos son correctos. (Joann, 2010)

La toma de densitometría ósea de columna lumbar incluye vista anterior de L1 a L5 y porción superior de ambas crestas iliacas, la manera en que se identifica cada cuerpo vertebral en una DO, es que cada vertebra posee formas características

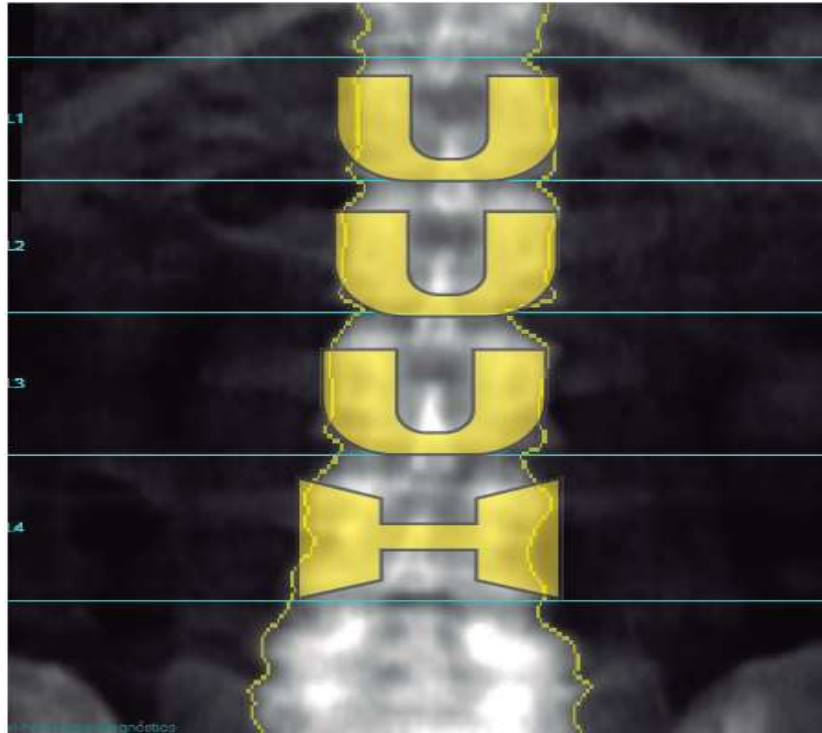


Figura 15: Representación de formas características de vértebras lumbares, L1-13 forma de U, L4 forma de H y L5 a la misma altura que la porción superior de ambas crestas iliacas, elaboración propia,2023

2.5 Limitantes para el estudio

Comúnmente para la realización de estudios clínicos, se les solicita una serie de indicaciones a los pacientes, que deben cumplir en la forma descrita, para evitar el retraso del flujo de trabajo, así mismo evitar que se le realice el mismo procedimiento en repetidas ocasiones, y con densitometría ósea no es la excepción, porque aunque las indicaciones son muy claras y simples, es sumamente importante que el técnico radiólogo le realice las preguntas pertinentes para tener el conocimiento de que el resultado será confiable.

Es de suma importancia que el paciente cumpla con las indicaciones necesarias para realizar la prueba, ya que nos brindan la certeza de que el resultado será confiable.

Otras limitaciones para esta prueba son:

- Haber consumido calcio al menos 4 horas antes del estudio.
- Densidad mineral ósea demasiado baja.
- Exceso de tejido blando en la región de interés. (Se procede a realizarlo en otra región anatómica)
- Malformaciones anatómicas (Fracturas vertebrales, escoliosis y cifosis muy marcada)
- Material de osteosíntesis en la zona de interés.
- Paciente embarazada.

Otro impedimento, menos común pero que puede llegar a ocurrir, es que, el examen debe ser programado mínimo una semana después de otro estudio en el que se haya empleado medio de contraste o la administración de cualquier radioisótopo de medicina nuclear. (Hoopingarner, 2004) .

Cuando se presenta una situación como las descritas anteriormente, el TR debe poner en práctica su experiencia técnica y habilidad para resolver estas variantes que se presenten al examinar un paciente, es fundamental valorar la mejor opción para el paciente, salvaguardando su integridad y al mismo tiempo aprovechar al máximo el potencial de la AXD. El posicionamiento, la técnica usada y los parámetros de barrido (criterios de calidad) deben ser precisos para los estudios primarios y deben ser reproducidos con precisión en todos los estudios realizados, a fin de garantizar comparaciones exactas entre una prueba y otra del mismo paciente. El empleo de esta técnica como herramienta clínica y la capacidad

diagnostica se complementará con los avances en el manejo del tratamiento de osteoporosis además de la frecuencia con que los pacientes se someterán a esta prueba (Hoopingarner, 2004). La densitometría ósea está contraindicada si los procedimientos de control de calidad y estandarización no se mantienen óptimos para asegurar resultados precisos.

Salvaguardar la integridad al paciente en la sala de densitometría es imperativo, ya que en su mayoría son personas que pueden sufrir alguna lesión con eventos de bajo impacto, por las limitaciones físicas que presenten los pacientes y es por ello que se debe tener en consideración varios factores para lograr un lugar seguro, sin riesgos, asegurar la comodidad del paciente además de que el TR le debe explicar el procedimiento del estudio y brindar la mejor actitud profesional por parte del personal médico (Figura 16), fomentando así un entorno seguro, una prueba sin errores y un resultado confiable.

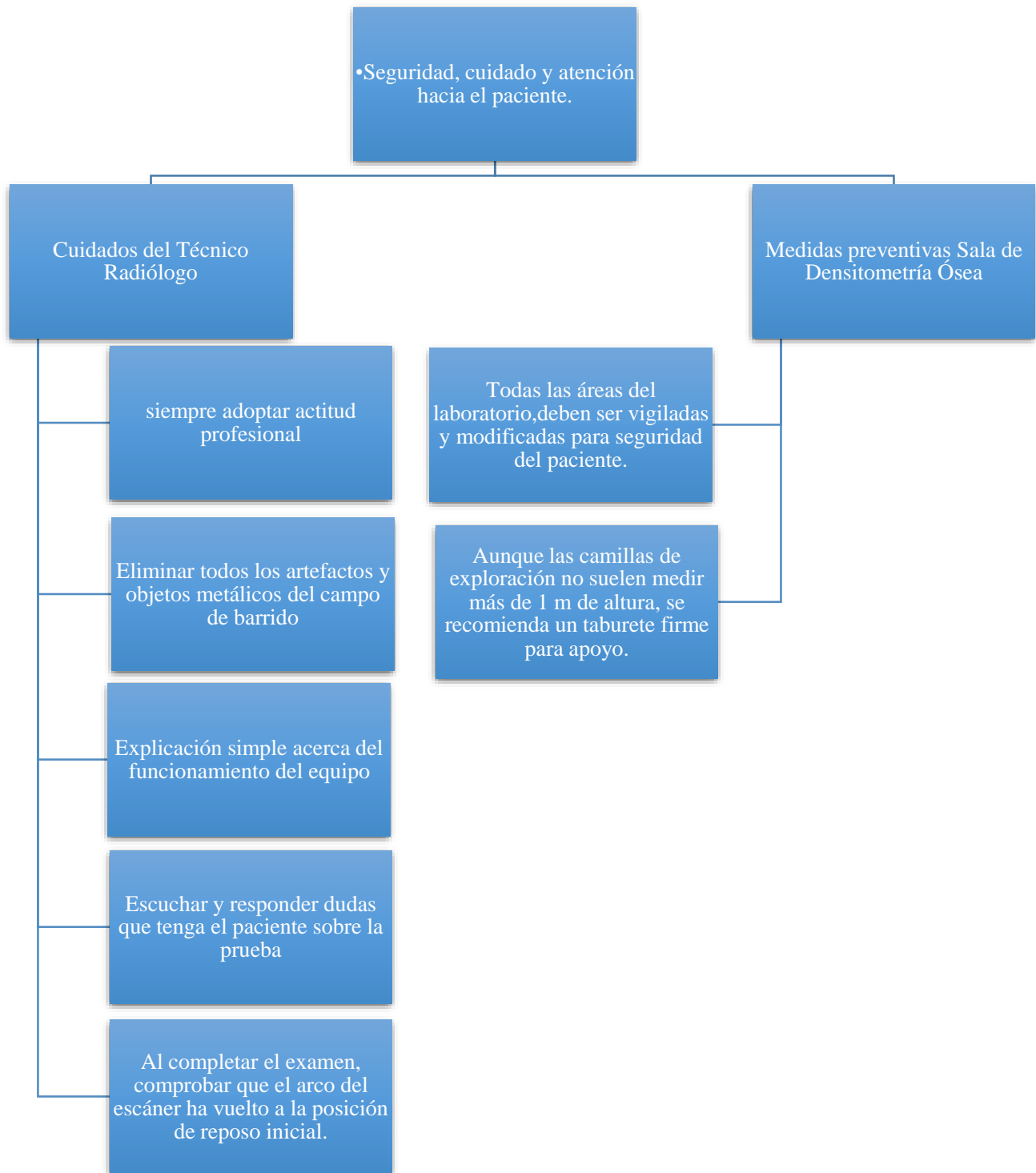


Figura 16: Seguridad, cuidado y atención al paciente, elaboración propia, información

Fuente: Manual de posiciones radiológicas, Vol. 3, Cap. 36,2010

CAPÍTULO II

3. Planteamiento del problema

Actualmente el tema de la calidad en DO, ha sido muy poco abordado, mientras los estudios se han centrado más bien en la calidad de las interpretaciones de estas imágenes y el grado de fiabilidad que puede concederse a los diagnósticos que se elaboran con base en ellas

Es por lo anterior que aquí se estudian los factores que condicionan la calidad de las imágenes generadas por la absorciometría de rayos x de doble energía (AXD). Cabe precisar que lo que interesa en el trabajo no es lo que se refiere a la calidad del equipo radiológico (densitómetro), tema que ha sido ampliamente abordado desde el enfoque tecnológico, sino más específicamente el adecuado trabajo del radiólogo como elemento fundamental que influye en la calidad de las tomas, aspecto sobre el cual poco se habla en la bibliografía médica especializada.

Existen, sin embargo, protocolos bien establecidos sobre los procedimientos que hay que seguir para que la DO sea un instrumento de diagnóstico confiable. Estas tareas quedan a cargo del radiólogo y normalmente pasan desapercibidas para el resto del personal médico involucrado en el cuidado de la salud de la población e incluso para el paciente mismo, esta técnica de radiación ionizante (AXD), está infravalorada ya que aporta mucha información que pudiera ampliamente prevenir y/o tratar enfermedades óseas y analizar los cambios que sufre la DMO con el tiempo y con el tratamiento si es que se le asignó alguno por parte del médico.

Este estudio se orienta a demostrar que la aplicación de los criterios de calidad al realizar una densitometría ósea de columna lumbar, influye en la calidad del resultado del estudio en pacientes específicos, puesto que en la mayoría de salas de densitometrías el protocolo se realiza sin la utilización del bloque de posición que ayuda a que la columna lumbar adopte una posición en la que permita valorar mejor cada vértebra lumbar, y así obtener el valor real de la densidad ósea, además, para obtener un resultado confiable es indispensable estar cerciorado que el densitómetro se encuentra ajustado, mostrando valores sin alteración por parte del mismo. Esto se logra llevando a cabo una calibración diaria de la cual el técnico radiólogo es responsable, y tiene la obligación de reportar cualquier alteración encontrada en las calibraciones realizadas.

4.- Objetivos

4.1 Objetivo general.

- Evidenciar las diferencias que se presentan en la calidad de los resultados de la D.O. cuando se siguen y cuando no se siguen los procedimientos establecidos para la toma de dicho estudio radiológico.

4.2 Objetivos específicos

- Describir los procedimientos que marca la disciplina radiológica y aclarar los pasos que conducen a una toma de D. O. con calidad.
- Realizar dos densitometrías óseas al mismo paciente, la primera con aditamentos necesarios y la segunda sin ellos.
- Comparar ambas pruebas densitométricas realizadas
- Analizar los resultados con las clasificaciones gráficas en base a las desviaciones estándar.

CAPITULO III

5. Material y métodos

5.1 Diseño del estudio

Se diseñó un estudio de investigación transversal, experimental, comparativo y cuantitativo.

5.2 Ubicación espacio temporal

El estudio se llevó a cabo en el Hospital Universitario de Puebla durante el periodo de octubre 2022 a Diciembre 2022

5.3 Universo de trabajo

La población de estudio se conformó por 20 pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión.

5.4 Criterios de inclusión

- Pacientes a los que se le ha solicitado una DO de columna lumbar

5.5 Criterios de exclusión

- Pacientes que no deseen participar
- Pacientes que tengan alguna prótesis en columna

5.6 Criterios de eliminación

- Pacientes que no concluyan con la prueba
- Pacientes que no quieran realizarse una doble DO lumbar

6. Estrategia de trabajo

1. Selección de la población de estudio: En el grupo de estudio se incluyeron a los pacientes que aceptaron colaborar y cumplían con los criterios de inclusión, se excluyeron a quienes no accedieron a la doble toma de densitometría ósea y quienes contaban con prótesis en columna lumbar
2. Realización con densitometría ósea de columna lumbar con densitómetro GE Lunar, sin la utilización del bloque de posición, debajo de las piernas del paciente examinado.
3. Segunda realización de densitometría ósea de columna lumbar al mismo paciente, con densitómetro GE Lunar, con el uso del bloque de posición, debajo de las piernas del paciente, para obtener una DO con calidad.
4. Se revisó la información obtenida a partir de la base de datos normalizada, NHANES III (National Health and Nutrition Examination Survey III), comparando al paciente con sujetos del mismo sexo y etnia, separadamente por la misma edad (Z-score) y por la edad en que se obtiene la masa ósea máxima (T-score), así como Densidad Mineral Ósea (DMO)
5. Conformación de grupos de estudio: Se analizaron las variables obtenidas, a través de Z-score, T-score y DMO.

7. Análisis y métodos estadísticos

La información obtenida de los resultados de ambas pruebas en cada paciente se recopiló en una base de datos del programa Excel, de la paquetería Office. El análisis de correlación de variables cuantitativas se realizó a través de una gráfica de doble eje, tomando en cuenta que la finalidad de la investigación es demostrar una significancia estadística.

8. Consideraciones éticas

Las personas que colaboren en la investigación tendrán garantía de respeto a los principios de autonomía, beneficencia y justicia, ya que se solicitará personalmente la participación consciente de la población participante correspondiente que se utiliza para el proyecto de investigación “CRITERIOS DE CALIDAD PARA UNA CORRECTA TOMA DE DENSITOMETRÍA ÓSEA EN COLUMNA LUMBAR”

Además, se mantendrá con los participantes, un clima de respeto y cordialidad durante el desarrollo del estudio, se mantendrán en el anonimato la identidad de dichos participantes y se pondrán a la disposición de estos últimos los resultados y datos obtenidos. El estudio cumplirá con las pautas de la declaración de Helsinki, además del Instructivo para la operación de la comisión de investigación científica y de los comités locales de Investigación.

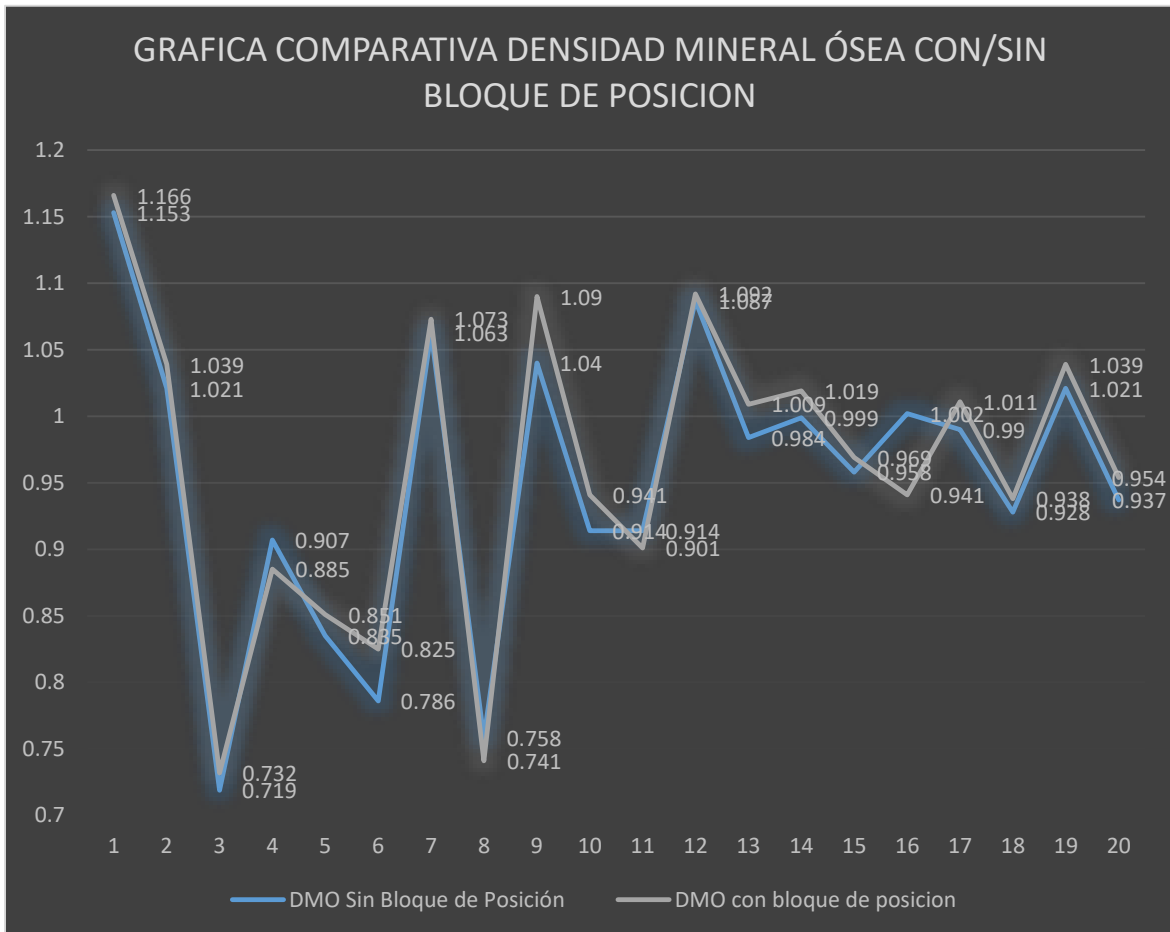
CAPÍTULO IV

9. Resultados

En el presente estudio se incluyeron a 20 pacientes que acudieron al servicio de Radiología e imagen del Hospital Universitario de Puebla, con una orden médica emitida, en su mayoría para personas de la tercera edad, con antecedentes de deficiencia mineral ósea, menopausia o seguimiento en tratamientos de enfermedades osteometabólicas, para someterse a densitometría ósea, los 20 pacientes cumplieron con los criterios de inclusión requeridos.

Del grupo de pacientes (20) que se sometieron a una doble densitometría ósea de columna lumbar en el servicio de Radiología e Imagen, se observó una significancia estadística de cuando se usa el bloque de posición ya que forma un ángulo recto con las piernas del paciente sometido al estudio, dicha acción reduce la curva lordótica y se pueden examinar de mejor manera los cuerpos vertebrales, para obtener un resultado certero.

A todo el universo de estudio se les realizó una doble densitometría ósea obteniendo los resultados de la densidad mineral ósea, encontrando diferencias en la DMO cuando se utiliza el bloque de posición y cuando este no se usa, con una diferencia mínima de .005 g/cm² y una diferencia máxima de .061 g/cm², tomando en consideración que estos son los valores mínimos y máximos respectivamente, pero encontrando variabilidad en todos y cada uno de los pacientes examinados y que se representa de mejor manera en la gráfica 1, en la cual se comparan la DMO de cada paciente en ambas densitometrías realizadas



Gráfica1: DMO (g/cm²) en 20 pacientes, usando el bloque de posición en comparación de cuando no se utiliza.

Se observa la variabilidad en la DMO, representada por los gramos sobre centímetro cuadrado (g/cm²) en comparación de las dos densitometrías realizadas a los pacientes seleccionados, así mismo se analizaron las otras DE que son puntuación Z y puntuación T valores que también contribuyen al diagnóstico final y que al igual que la DMO, presenta variabilidad en los resultados, mismos que se comparten en Anexos, añadiendo perspectiva a cerca de la variabilidad de resultados de ambas densitometrías realizadas a cada uno de los participantes.

10. Conclusión.

Con base en lo observado durante el periodo en que se realizó la investigación, el análisis comparativo y la obtención de resultados se puede afirmar que existen variables considerables que ocurren cuando las densitometría óseas se realizan de acuerdo a los protocolos de calidad, dando así un resultado acertado, cabe resaltar que el técnico radiólogo a cargo de esta prueba, posee habilidades técnicas y profesionales para obtención de excelentes resultados, salvaguardando prioritariamente la integridad física del paciente, se concluye que:

- La realización de densitometría ósea de columna lumbar, se debe realizar con los criterios de calidad y posicionamiento, establecidos por la disciplina radiológica, puesto que influyen directamente en los resultados de la prueba, generando así, un falso resultado
- El bloque de posición debe ser usado en todas las exploraciones de columna lumbar y en estudios posteriores, ya que el médico tratante posee una historia clínica en la que se evalúa la DMO del paciente y se compara directamente con los estudios anteriores a fin de poder indicarle un tratamiento oportuno y eficaz.
- Los resultados obtenidos influyen con habilidades técnicas y profesionales a cargo del Técnico radiólogo.

11. Limitaciones

Las limitantes que se presentaron durante la realización del presente estudio fueron:

- Poca afluencia de pacientes, derivado de las restricciones por la pasada pandemia sanitaria.
- La negación a colaborar en la investigación, por parte de los pacientes.

12. Perspectivas

- Aumentar el tamaño de la muestra, para caracterizar de mejor manera cada una de las variables estudiadas.

13. Anexos

13.1 Radiografías comparativas de columna lumbar lateral

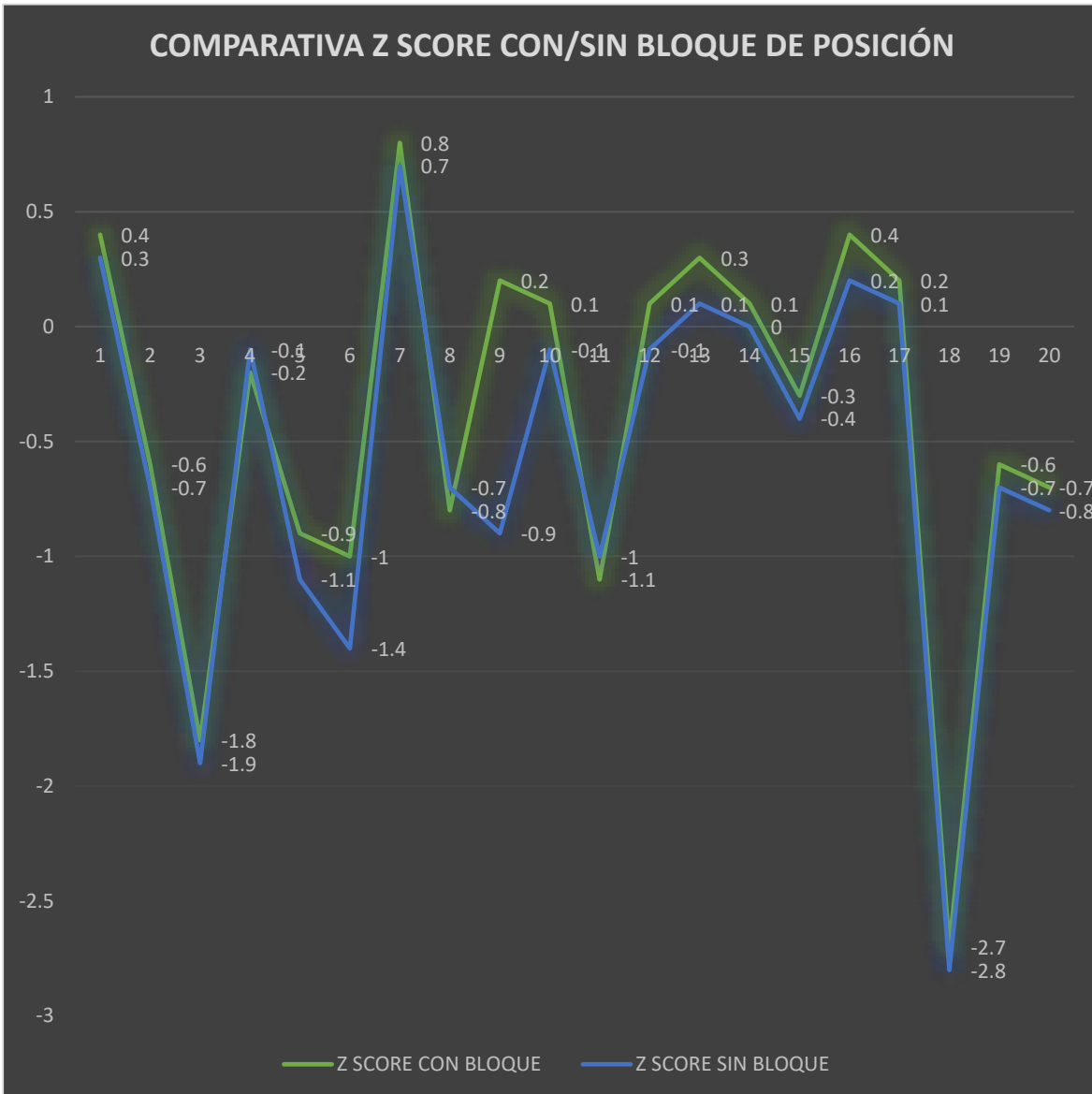
Dentro de la literatura radiológica específicamente en el Capítulo 36 del ATLAS DE POSICIONES RADIOGRÁFICAS Y PROCEDIMIENTOS RADIOLÓGICOS se describe el uso del bloque de posición a la hora de realizar el estudio, puesto que este utensilio tiene como objetivo, reducir la curva lordótica, abrir los espacios intervertebrales y reducir la distancia parte-imagen, para poder observar mejor se dio a la tarea de realizar una doble exposición de rayos x al mismo paciente, posicionándolo para proyección de columna lumbar lateral, la primera exposición (A) se realizó como comúnmente se toma, la segunda

(B) se colocó el bloque de posición debajo de las piernas, recalando que, el uso del bloque de posición es indispensable para una perfecta DO



Se puede confirmar que en efecto, usando el bloque de posición, la forma de la columna lumbar se visualiza más recta, reduciendo la curva lordótica y proyectando así un resultado de la DMO y puntuación Z y T real.

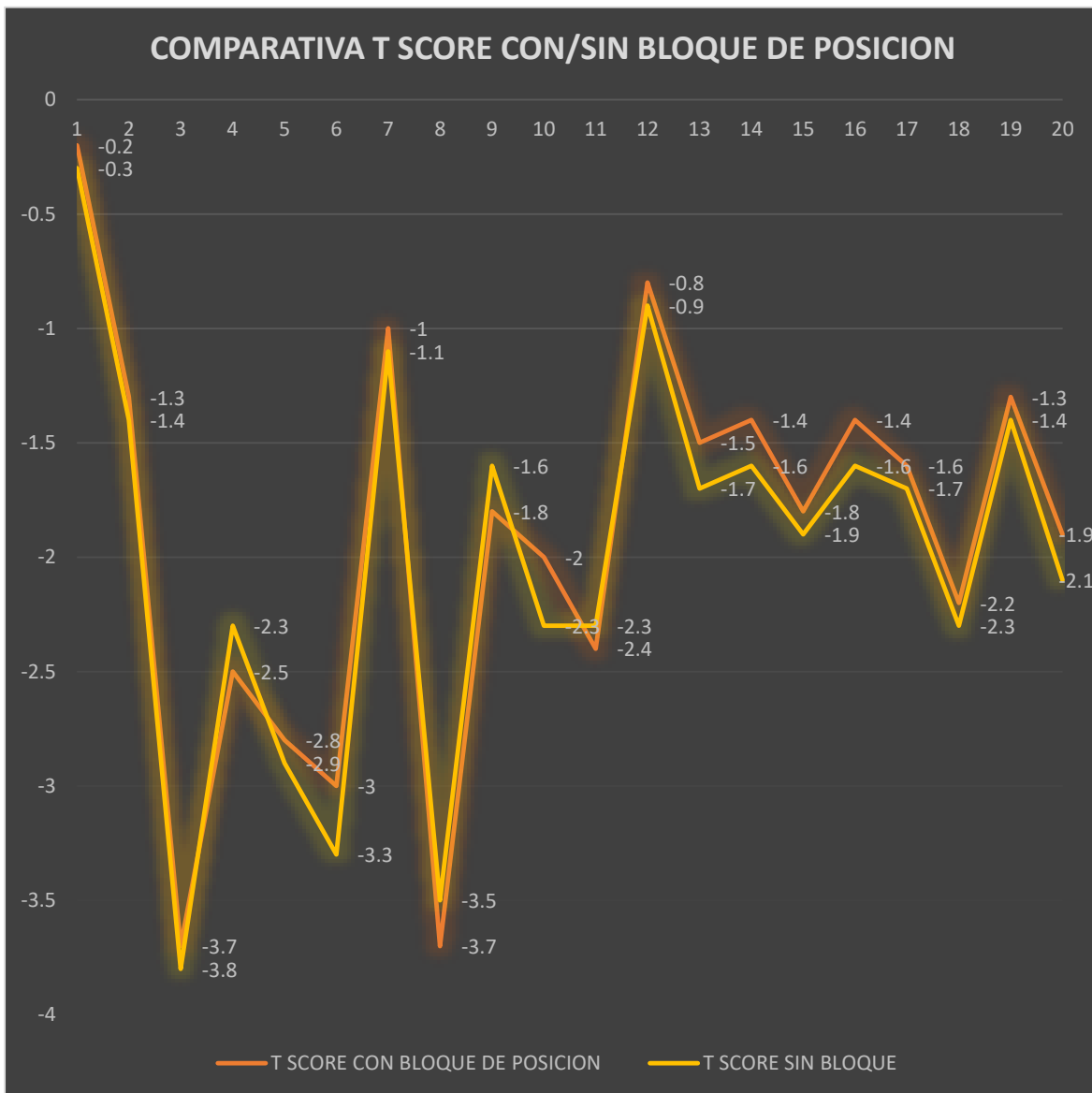
13.2 . - Gráficas de doble eje puntuación Z y T



Gráfica 2: Puntuación Z en 20 pacientes, usando el bloque de posición en comparación de cuando no se utiliza.

La puntuación Z es la desviación estándar en la que se compara la DMO en relación a la media de la población de personas que le corresponde según la edad, sexo, peso y talla, en

este estudio de investigación se confirma que existe una significancia mínima de .1 y una máxima de .7 DE



Gráfica 3: Puntuación T en 20 pacientes, usando el bloque de posición en comparación de cuando no se utiliza

Por otra parte la puntuación, los resultados de la DMO son comparados con la densidad mineral ósea de un adulto joven promedio en buen estado de salud con la del paciente examinado, en la Gráfica 3 se observa variabilidad mínima de .1 DE y una máxima de .3

desviación estándar en relación de cuando se utiliza el bloque de posición debajo de las piernas del paciente, dando así resultados erróneos cuando este aditamento no se utiliza en la prueba.

14. Bibliografía

- AMGEN. (20 de OCTUBRE de 2020). *AMGEN*. Obtenido de <https://www.amgen.com.mx/media/news-release-listing/2020/10/osteoporosis-enfermedad-silenciosa#>
- BÁRBERAN M., M., CAMPUSANO M., C., TRINCADO M., .. P., OBVIEDO G., S., BRANTES G., S., & Z., S. (2018). Recomendaciones para el uso correcto de densitometría ósea en la práctica clínica. Consenso de la Sociedad Chilena de Endocrinología y Diabetes. *Revista Médica Chilena* 2018, 1471-1480.
- Barrios-Moyano , A., & De la Peña García , C. (2018). Prevalencia de osteoporosis y osteopenia en pacientes laboralmente activos. *Acta otropédica Mexicana*, 131-133.
- Bonnick, S. (1998). Bone densitometry in clinical practice: application and interpretation. *Human Press*.
- Brance, M. L. (2020). Posición oficial ISCD 2019. Densitometría Ósea en adultos. Puesta al día sobre las nuevas recomendaciones. *Revista Argentina de REUMATOLOGÍA*, 52-56.
- Burge, R., Dawson-Hughes, B., Solomon, D., Wong, J., King, A., & Tosteson, A. (2007). Incidence and economic burden of osteoporosis- related fractures in the United States, 2005-2025.
- Camacho, P., Petak, S., Binkley, N., Clarke, B., Harris, S., & Hurley, D. (2016). American Association of Clinical Endocrinologists and American College of Endocrinology. *Endocr Pract*, 1-42.

CAUDILL, J. P. (2010). DENSITOMETRÍA ÓSEA. En E. D. Frank, B. W. Long, & B. J. Smith, *ATLAS DE POSICIONES RADIOGRÁFICAS Y PROCEDIMIENTOS RADIOLÓGICOS UNDECIMA EDICION* (págs. 453-494). ESPAÑA: ELESEVIER.

Dasher, L., Newton, C., & Lenchick, L. (2010). Dual X-ray Absorptiometry in Today's Clinical Practice.

Estrada, D., Espallargues, M., Sampietro, L., del Rio, L., Sola, M., & Granados, A. (1999). *La densitometría ósea*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Alicia_Granados/publication/266597269_La_densitometria_osea/links/547250c20cf2d67fc035c5b9.pdf

Fernandes, L. e. (2014). Physical exercise and osteoporosis: effects of different types of exercises on bone and physical function of postmenopausal women.

Galán, F. (2018). *abcmedico.com*. Obtenido de <http://www.fernandogalangan.com/blog/591-ayuda-para-entender-e-interpretar-la-densitometria-%C3%B3sea>

Genant, H. (1995). Development of formulas for standardized DXA measurements.

Genant, H., & al, e. (1994). Universal standardization for dual x-ray absorptiometry: patient and phantom crosscalibration results.

Gluer, C., & al, e. (1995). Accurate assessment of precision errors: how to measure the reproductibility of bone densitometry techniques. *Osteoporosis Int.*

Govin, W., & Felsenberg, D. (1998). Acronyms in osteodensitometry.

Hoopgarner, B. (2004). Procedimientos adicionales de diagnostico por imágenes. En K. L. Bontrager, *Posiciones Radiológicas y Correlación Anatómica 5a Edición*. Madrid: ELSEVIER.

Ibañez, R. (2003). *Sistema sanitario navarra*. Obtenido de Tecnicas de medida de densidad de masa osea.: <http://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v26s3/original2.pdf>

ibersurgical S.L. (s.f.). *ibersurgical S.L.* . Obtenido de <https://www.ibersurgical.com/densitometros/309-densitometro-sonost-3000.html>

Institutos Nacionales de la Salud, Centro Nacional de Información sobre la Osteoporosis y las Enfermedades Óseas. (2018). *Institutos Nacionales de la Salud, Centro Nacional de Información sobre la Osteoporosis y las Enfermedades Óseas*. Obtenido de <https://www.bones.nih.gov/health-info/bone/espanol/salud-hueso/bone-mass-espanol>

International Atomic Energy Agency. . (2010). Dual Energy X-Ray Absorptiometry for Bone Mineral Density And Body Composition Assessmet . 1-115.

Jácome Calle, J. F., Camacho Marroquín, M. E., Hidalgo Mafla, A. Y., & Ruiz Perugachi, C. L. (2019). Interpretación de la densitometría ósea. *RECIMUNDO*.

Jauregui, E. (2014). *Valores de referenciade la densidad mineral osea por densitometria tipo dxaen una poblacion sana de bogota*. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13717/JaureguiCuartasEdwinAntonio2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Joann, C. (2010). Atlas de posiciones radiográficas y procedimientos radiologicos, Undecima Edicion. En D. Eugene, & W. B. Bruce. ELESEVIER.

JOANN, C. (2010). Atlas de posiciones radiográficas y procedimientos radiologicos, Undecima Edicion. En D. Eugene, & W. B. Bruce. ELESEVIER.

Kelley, G., Kelley, K., & Kohrt, W. (2013). Exercise and bone mineral density in premenopausal women: a meta-analysis of randomized controlled trials.

Lammoglia, J., & Loreto, M. (2008). *Revista Chilena de endocrinología y diabetes*. Obtenido de http://www.revistasoched.cl/2_2008/8.html

Lampignano., J. (2010). *Proyecciones radiológicas con correlación anatómica*. España: ELSEVIER.

Lorente Ramos, R., Azpeitia Armán, J., Arévalo Galeano, N., Muñoz Hernandez, A., García Gomez, J., & Gredilla Molnero, J. (2012). Absorciometría con rayos X de doble energía. Fundamentos, metodología y aplicaciones clínicas.

Miranda, E., Muñoz, S., Paolinelli, P., & Astudillo, C. (2013). *Densitometría osea*. Obtenido de Condes: de https://www.clinicalascondes.cl/Dev_CLC/media/Imagenes/PDF%20revista%20m%C3%A9dica/2013/1%20enero/20-Dra.Miranda.pdf

Murphy, C. (2004). Principios terminología y protección contra radiaciones. En K. L. Bontrager, *Posiciones Radiológicas y Correlación Anatómica*. Buenos Aires: EDITORIAL MÉDICA PANAMERICANA S.A.

Nelson, H., Haney, E., Chou, R., Dana, T., Fu, R., & Bougatsos, C. (2010). Screening for Osteoporosis: Systemtic Review to Uptodate the 2002 U.S. Preventive Services Task Force Recommendation. 1-217.

Orueta, R., & Gomez, S. (2010). Interpretacion de la densitometria osea. *Semergen*, 27-30.

OSTEOPOROSIS MÉXICO. (2022). *OSTEOPOROSIS MÉXICO*. Obtenido de <https://www.osteoporosismexico.org/osteoporosis-informacion>

Radiology Info . (2018). *RadiologyInfo.org*. Obtenido de <https://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=dexa>

Riancho, J., & Calle, J. (2011). Osteoblast-osteoclast interaction mechanisms.

Shepherd, J, Schousboe, J., Broy, S., Engelke, K., & Leslie, W. (2015). Executive Summary of the 2015 ISCD Position Development. 274-86.

Shepherd, J., Schousboe, J., Broy, S., Engelke, K., & Leslie, W. (2015).

Sosa Henríquez, M., & Gómez de Tejada Romero, M. (2006). El término osteopenia y riesgo de fractura . *Anales Medicina Interna (Madrid)*, 151-152.

World Health Organ. (1994). Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. 1-129.