



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

DIRECCION REGIONAL SUR
DELEGACION REGIONAL VERACRUZ NORTE
CENTRO MÉDICO NACIONAL "ADOLFO RUIZ CORTÍNES"
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES No. 14

**" TOMOGRAFIA COMPUTADA CUANTITATIVA
VS DENSITOMETRÍA POR ABSORCIÓN DUAL
DE RAYOS X EN LA EVALUACIÓN DE
LA MASA ÓSEA "**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALIDAD EN:
RADIOLOGÍA E IMAGEN**

PRESENTA:

Dr. Victor Hugo Arjona Aguilar

ASESOR:

Dr. Juan Antonio Francisco Cervantes Monroy

H. VERACRUZ, VER.

FEBRERO 2005

ÍNDICE:

RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
ANTECEDENTES CIENTÍFICOS.....	6
MATERIAL Y MÉTODOS.....	12
RESULTADOS.....	14
DISCUSIÓN.....	19
CONCLUSIONES.....	25
BIBLIOGRAFÍA.....	26
AGRADECIMIENTOS.....	30

RESUMEN

Título: Tomografía Computada Cuantitativa vs Densitometría por Absorción dual de Rayos X en la evaluación de la masa ósea.

Objetivo: Comparar los resultados de la Tomografía Computada Cuantitativa (TCC) y la Densitometría por absorción dual de rayos X (DEXA) en la medición de la masa ósea. **Tipo de estudio:** Observacional, comparativo, prospectivo y transversal. **Material y métodos:** De septiembre 2004 a Octubre 2004 se estudiaron a los pacientes del CMN "ARC" con DEXA previa reciente y no mayor de 2 meses a la realización de TCC. Los resultados se compararon con medidas de tendencia central, estadística descriptiva y χ^2 cuadrada. **Resultados:** Se examinaron 50 pacientes, todas mujeres. Del total el reporte de la TCC 25 (50%) con osteoporosis, 21 (42%) con Osteopenia y 4 (8%) normales. La DEXA reportó 31 (62%) con osteoporosis, 17 (34%) con Osteopenia y 2 (4%) normales. Los reportes en 40 (80%) fueron el mismo reporte, 9 (18%) con menor densidad en la DEXA y 1 (2%) con menor densidad en la TCC, valor de $p > 0.05$. En 42 pacientes evaluados con la TCC se encontraron cambios por espondiloartrosis, en 8 discartrosis y en 2 espondilolistesis. De 16 pacientes con obesidad notable en 9 hubo diferencia de reporte. **Conclusión:** Ambos métodos son eficaces en la medición de la masa ósea. La TCC mostró otras alteraciones independientes a la masa ósea como espondiloartrosis, discartrosis y espondilolistesis no mencionadas en la DEXA.

Palabras clave: Tomografía computada cuantitativa, Densitometría por absorción dual e rayos X, masa ósea, osteoporosis.

INTRODUCCIÓN

Existen diferentes opciones para la medición de la densidad ósea mineral y determinar la densidad ósea de diferentes sitios del esqueleto. La Densitometría por absorciometría de rayos X (DEXA) es el método más comúnmente utilizado para estas mediciones las cuales realiza en un sitio cercano a la región de interés, presenta una desventaja: no puede distinguir entre en hueso cortical y el hueso trabecular aunado a que los tejidos blandos adyacentes pueden introducir errores de medición relevantes. En adición las mediciones convencionales de la espina incluyen los elementos posteriores los cuales en forma frecuente están sujetos a cambios osteoartrosicos particularmente en los ancianos.

La tomografía computada cuantitativa (TCC) muestra menos afectación por los tejidos blandos, elimina los elementos posteriores y permite un análisis del hueso trabecular y cortical en forma individual. Sin embargo la TCC representa una dosis de radiación y depende de un equipo caro, pero hay que considerar que la TCC es menos costosa, usa menos radiación, los rayos X son aplicados en sitios poco vulnerables (periféricos) e incluye una vista panorámica del cuerpo vertebral (ó hueso por valorar) proporcionando información morfológica además de la medición densitométrica¹. Como punto en contra para todos los métodos de medición de la densidad ósea hay que mencionar que debido a la heterogeneidad del esqueleto en muchas ocasiones las medidas no reflejan el estado del esqueleto axial y apendicular según el sitio medido.

Hasta la fecha en nuestra institución no se cuenta con equipo para la realización de DEXA, estudio que se realiza en medio privado bajo subrogación; contamos con un equipo de Tomografía helicoidal el cual tiene el Software de Osteo (programa para la TCC) pero aun no se le da uso por diversos motivos incluyendo la falta de experiencia, de protocolos para la canalización de pacientes y de información hacia los Médicos que lo requieren. El objetivo del estudio fue comparar los resultados de la DEXA vs TCC en la medición de la masa ósea creando experiencia y protocolos para su realización para sustituir la subrogación por este tipo de estudio.

ANTECEDENTES CIENTIFICOS

Osteoporosis

La osteoporosis ha sido descrita como una enfermedad sistémica caracterizada por masa ósea baja y deterioro microarquitectónico del hueso, con un consecuente aumento de la fragilidad ósea y susceptibilidad a la fractura; es la enfermedad metabólica ósea más frecuente. La principal manifestación es la fractura, fundamentalmente de antebrazo distal, columna vertebral y cadera.

La osteoporosis afecta a 20 millones de personas en Estados Unidos de América del Norte y está relacionada con 1.3 millones de fracturas, con un costo anual aproximado de 13.8 billones de dólares².

En España, Díaz Curiel realizó absorciometría dual de rayos X en la columna lumbar y fémur proximal derecho de 1305 mujeres entre los 20 y 80 años de edad; la prevalencia global de osteoporosis fue de 12 %, y de 26 % en mujeres mayores de 50 años; también reportó que la prevalencia de osteoporosis densitométrica se incrementa progresivamente a partir de los 45 años con 4.3%, hasta alcanzar 40 % en el grupo de 70 a 79 años. Estas cifras son diferentes a las comunicadas por Melton en mujeres de Rochester, Minnesota: 7.6 % en el grupo de 50 a 59 años y 25 % en el de 70 a 79 años^{3,4}.

En la República Mexicana existen pocas referencias oficiales o bibliográficas acerca de los aspectos epidemiológicos de la osteoporosis y sólo es posible obtener datos en forma aislada. En un estudio multicéntrico, Murillo Uribe encontró una prevalencia de osteoporosis de 16 % en mujeres aparentemente sanas mayores de 50 años; sugirió que en México la prevalencia es menor a la

informada en población blanca caucásica⁵. Para abordar la epidemiología de la osteoporosis y entender la verdadera magnitud del problema, es necesario tener conocimiento de los cambios demográficos en la población mundial.

Aunque los estudios realizados varían considerablemente en su metodología y criterios diagnósticos, un hecho es claro: el incremento de las fracturas por osteoporosis a partir de la quinta década de la vida.

En el Instituto Mexicano del Seguro Social las lesiones del sistema musculoesquelético actualmente ocupan el segundo lugar en la demanda de atención quirúrgica, y 70 % de la demanda en traumatología general es ortopédica, lo cual indica que la patología esquelética ha cobrado creciente importancia en cuanto a padecimientos de origen traumático, entre los que se incluyen las fracturas osteoporóticas.

Las fracturas de cadera resultan especialmente importantes, pues su tasa de mortalidad alcanza 20 % durante el primer año. Teniendo en cuenta que mundialmente ocurren 1.6 millones de fracturas de cadera cada año, aproximadamente una cada 20 segundos, predicciones conservadoras señalan que en la ciudad de México, con más de 20 millones de habitantes, en los próximos tres años podrá esperarse más de 25 mil casos en población mayor de 50 años de edad⁶.

Los cambios en el estilo de vida harán que la osteoporosis tenga una repercusión económica sustancial en los próximos años, tanto para los pacientes como para los sistemas de salud. Como auxiliar diagnóstico, la radiografía simple no permite medir la masa ósea y dado que la opinión subjetiva del lector dificulta la evaluación cualitativa, sólo es útil para

confirmación cuando hay evidencia de fractura osteoporótica. La tomografía cuantitativa computarizada (TCC) es la única que proporciona medida de contenido mineral en tres dimensiones; la unidad de medición es en gramos por centímetro cúbico⁷.

Recientemente se ha empleado el ultrasonido cuantitativo para la evaluación ósea; su costo es bajo, hay equipos portátiles de fácil uso y no emite radiaciones ionizantes⁸, si bien es de menor precisión comparado con la absorciometría dual de rayos X (DEXA)⁹ o la tomografía cuantitativa computarizada.

La DEXA es actualmente la técnica estándar para medir masa ósea y tiene gran aceptación en la investigación y en la práctica clínica debido a su gran rapidez, precisión y mínima radiación; tiene la capacidad de separar el hueso de otros tejidos como músculo o grasa, y puede medir los sitios relevantes de fracturas por osteoporosis¹⁰⁻¹¹.

La densidad mineral ósea (DMO) está fuertemente asociada con la predicción de fracturas, sin embargo, es necesario recordar que existen otros factores de riesgo independientes de la densidad del hueso¹². Los sitios anatómicos habituales para la medición de DMO son columna lumbar, fémur proximal y antebrazo distal.

Es importante mencionar que ambos métodos (DEXA y la TCC) han sido punto de comparación en todos los aspectos, algunos autores mencionan que existe una correlación bastante similar en cuanto a los resultados obtenidos en mediciones¹³⁻¹⁴, sin embargo también hay que recalcar que otros autores encontraron en sus investigaciones que la TCC es mejor que la DEXA en el

diagnostico de perdida ósea y riesgo de fractura¹⁵⁻¹⁶⁻¹⁷, a esto hay que agregarle en consideración los costos, en EU la TCC es menos costosa que la DEXA, representa una cantidad menor y colimada de radiación y permite obtener imágenes de la morfología ósea en forma precisa, en una proyección lateral previa y posteriormente en forma axial en los cuerpos vertebrales evaluados conociendo con ello las características morfológicas macroscópicas del cuerpo vertebral, el hecho de contar con el topograma lateral a nivel lumbar permite evaluar la morfología macroscópica de la columna determinando alteraciones por degeneración discal, espondiloartrosis y desplazamientos anteriores de los cuerpos vertebrales (espondilolistesis)¹⁸.

La TCC no se ve afectada por la cantidad de tejidos blandos ni por el arco posterior vertebral ya que realiza mediciones dirigidas exclusivamente al hueso trabecular y cortical, por lo contrario la DEXA se ve alterada por la cantidad de tejidos blandos, no distingue entre cortical y hueso trabecular y el arco posterior entra dentro de las estructuras evaluadas¹⁹.

Se encontró una referencia en donde se estima que existen alrededor de 4000 equipos a nivel mundial para la realización de TCC²⁰, en nuestro país no se encontraron referencias acerca de la cantidad de equipos para dicho estudio y al menos en nuestro estado (Veracruz) no existe otro, esto implica falta de experiencia y conocimiento acerca del método.

En 1994 la Organización Mundial de la Salud estableció los criterios densitométricos de osteoporosis para estandarizar los valores y los definió de la siguiente manera:

- Normal: DMO superior a .1 desviación estándar (DE) respecto al valor de referencia del adulto sano.
- Osteopenia: DMO comprendida entre 1 y 2.5 DE por debajo de la media de referencia del adulto joven del mismo sexo.
- Osteoporosis: DMO por debajo de 2.5 DE respecto a la media de referencia del adulto joven del mismo sexo; implica un elevado riesgo de fractura.
- Osteoporosis severa o grave: si, además, existe fractura ósea por fragilidad; también se conoce como osteoporosis establecida.

Son factores de riesgo el sexo femenino, el estado posmenopáusico, el incremento de la edad, la ascendencia caucásica o asiática; los factores genéticos hacen que la historia familiar incremente el riesgo. Un ejemplo de osteoporosis determinada genéticamente es la que se presenta en el síndrome de Turner, caracterizado por bajos niveles de estradiol; otro ejemplo es la osteogénesis imperfecta²¹.

Otros factores de riesgo son las enfermedades relacionadas con génesis de osteoporosis, el uso prolongado de ciertos medicamentos, la elevada ingesta de cafeína, la escasa ingesta de calcio durante la vida, el tabaquismo, el consumo excesivo de alcohol, la deficiencia en la absorción de calcio, el estilo de vida sedentario, la inmovilización prolongada y la delgadez extrema. Es necesario tomar en cuenta que en México existe poca información actualizada acerca de la frecuencia de los factores de riesgo para osteoporosis en mujeres después de que alcanzan la masa ósea máxima (de los 20 a 40 años de edad),

toda vez que el estilo de vida y la dieta se han modificado, el consumo de comida rápida ha aumentado en detrimento de la cocina tradicional, la actividad física habitual ha disminuido por el auge de entretenimientos pasivos y se ha registrado un incremento en el consumo de alcohol y tabaco; esto último ya se observa en adolescentes mexicanas entre los 12 y 17 años²².

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional, comparativo, transversal y prospectivo de los pacientes que acudieron a la consulta de Endocrinología del CMN "Adolfo Ruiz Cortines" que contaban con una Densitometría tipo DEXA reciente (no mayor de 2 meses) en el período comprendido del 18 de Septiembre del 2004 al 18 de Octubre del 2004. Estos pacientes fueron canalizados al área de Radiología e Imagen en donde se les informó el procedimiento a realizar (TCC) y bajo autorización y firma del formato de autorización se procedió a realizar el estudio el cual se imprimió en placa monocromática con medidas de 14x17 pulgadas, en dicha placa se adjuntaron los datos generales de los pacientes.

Los estudios de DEXA se realizaron en medio privado con un equipo para densitometría modelo QDR 4500C (HOLOGIC) y el estudio de TCC se realizó usando un Tomógrafo helicoidal Somatom Plus 4 (Siemens) con el protocolo de osteo propio del equipo y sin modificar los estándares de corte protocolizados incluyendo el uso del "fantasma" de medición y de estadísticas finales de cada estudio. Las mediciones fueron realizando un Topograma de ubicación y 3 cortes programados manualmente en los niveles de L1, L2 y L3 en plano axial con un FOV promedio de 266 realizando las mediciones propias del programa del equipo.

Se realizó la comparación de los resultados reportados en ambos estudios estableciendo 3 condiciones posibles: Normal, Osteopenia y Osteoporosis.

Dichos reportes estuvieron en función de las desviaciones estándar del estudio tomando como referencia los criterios de la OMS:

- Normal: DMO superior a .1 desviación estándar (DE) respecto al valor de referencia del adulto sano.
- Osteopenia: DMO comprendida entre 1 y 2.5 DE por debajo de la media de referencia del adulto joven del mismo sexo.
- Osteoporosis: DMO por debajo de 2.5 DE respecto a la media de referencia del adulto joven del mismo sexo.

Se recolectaron los datos y se comparan los reportes de ambos estudios.

Para el análisis de los datos se empleó estadística descriptiva, medidas de tendencia central y xi cuadrada.

RESULTADOS

Se examinaron un total de 51 pacientes, todas del sexo femenino, con edades comprendidas entre los 43 y 79 años de edad (media de 56) las cuales contaban con estudio de DEXA, una paciente fue excluida por presentar una prótesis metálica a nivel de T12-L1 que impidió la realización del estudio por lo que fue excluida del protocolo

De los reportes de la TCC se encontraron 25 (50%) con reporte de Osteoporosis, 21 (42%) con Osteopenia y 4 (8%) con reporte Normal (Figura 1).

De los estudios del medio privado se contaron con 31 (62%) pacientes con reporte de Osteoporosis, 17 (34%) con Osteopenia y 2 (4%) Normales (Figura 2).

Comparando los resultados reportados se encontró: 40 estudios con el mismo reporte (80%), en 9 (18%) estudios hubo mayor desviación estándar en la DEXA y en solo 1 (2%) hubo menor desviación estándar en la DEXA (Figura 3).

Con el análisis por χ^2 cuadrada el valor de $p > 0.05$.

De todas las pacientes 16 mostraron obesidad notable (no se pesaron a las pacientes ni se establecieron índices de obesidad corporal ya que no era la intención del presente estudio) y de estas en 9 se reportaron resultados distintos siendo mayor la desviación estándar por la DEXA.

De las pacientes exploradas se encontraron en la TCC alteraciones de la columna independientes de la densidad mineral como: Cambios por

espondiloartrosis 42, discartrosis manifestada por el Signo de "vacío" 8 y 2 pacientes con espondilolistesis grado 1 de Meyerding.

En la comparación de los resultados la variación fue mínima ya que en el 80% hubo el mismo resultado y las variaciones encontradas fueron en su mayoría en pacientes con obesidad marcada, sin embargo la diferencia de resultados fue de 1 desviación estándar.

En algunas pacientes con osteoporosis se encontró dificultad para la delimitación de las plataformas vertebrales mediante el programa del equipo.

N= 50

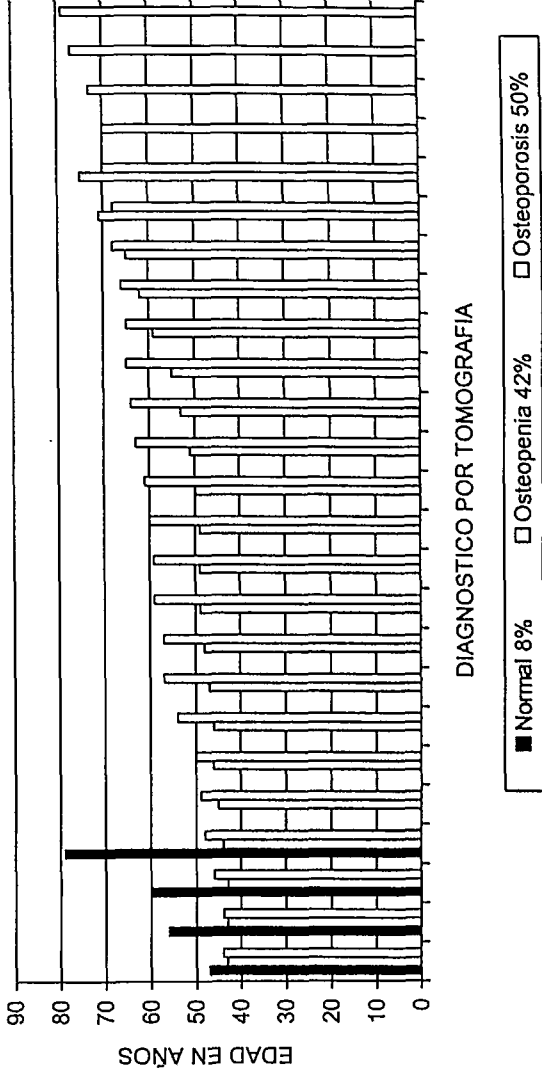


Figura 1: Resultados de Tomografía Computada Cuantitativa en pacientes con densitometría por absorción dual de Rayos X previa.

N= 50

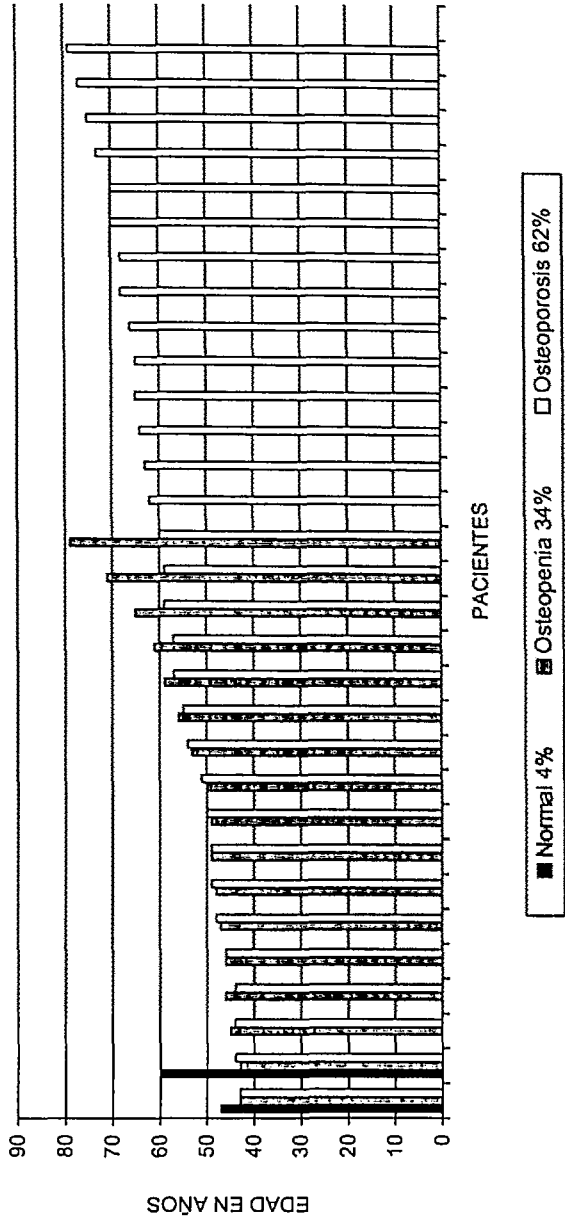
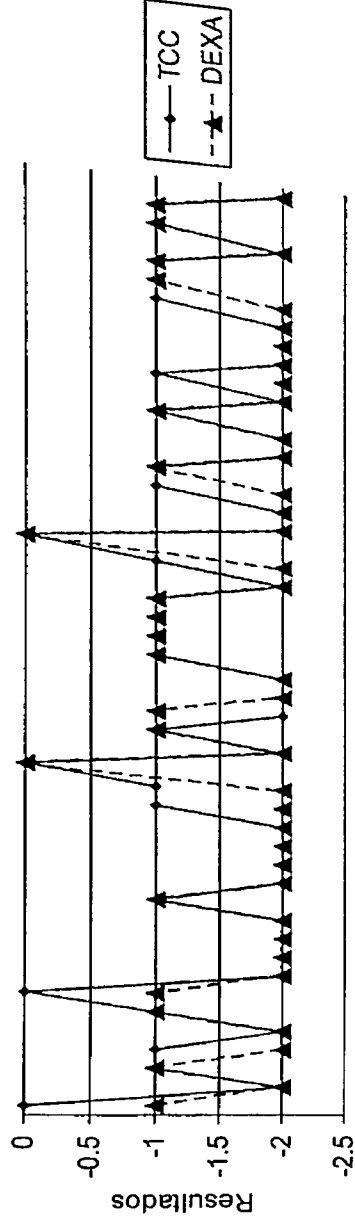


Figura 2: Resultados de la densitometría por absorción dual de Rayos X.

N= 50



TCC = Tomografía Computada Cuantitativa

DEXA = Densitometría por absorciometría dual de rayos X

0= Estudio normal

-1= Osteopenia

-2= Osteoporosis

Figura 3: Comparación de la Densitometría por Absorción dual de Rayos X y la Tomografía Computada Cuantitativa para cada paciente.

DISCUSIÓN

La frecuencia por edad de las pacientes que llegaron a la densitometría estuvo en función de la consulta de endocrinología, el hecho de que haya sido mayor el grupo de la quinta década de la vida pudo estar en relación con la publicidad que recibe la densitometría en las mujeres perimenopáusicas.

Los resultados obtenidos son en general bastante similares en ambos métodos de valoración, sin embargo en las pacientes obesas sí hubo variaciones en los resultados, similar a lo reportado en otras series de investigaciones comparativas²³. Este cambio está en relación con la cantidad de tejidos blandos incluyendo la grasa corporal del paciente además de los cambios espondiloartrósicos en especial de la esclerosis facetaria que se sobrepone al punto de imagen en la DEXA ya que la valoración es en el plano anteroposterior sin poder enfocarse únicamente al cuerpo vertebral (Imagen 1); contrario a ello en la TCC se realizan cortes axiales en donde en forma específica se realizan mediciones en los cuerpos vertebrales de L1, L2 y L3, a nivel de hueso cortical y trabecular discriminando los tejidos adyacentes, es por ello que tanto la obesidad como los cambios degenerativos no interfieren en las mediciones (Imagen 2), además de las mediciones densitométricas fue posible evaluar en un plano lateral la morfología de la columna lumbar permitiendo encontrar otro tipo de alteraciones que dan sintomatología en las pacientes (cambios degenerativos vertebrales -espondiloartrosis-, degeneración discal -discartrosis- y espondilolistesis) (Imágenes 3 y 4). En ninguna paciente se

encontró fractura vertebral, en la TCC se cuenta con imágenes axiales de las vértebras evaluadas por lo que es posible demostrarlas si hubiese existido.

No hubo diferencia estadística significativa en la prueba de χ^2 cuadrada.

La forma de realizar el reporte fue distinta al igual que la unidad de medición, nuestro reporte fue en imagen placa monocromática y la de la DEXA en hojas impresas (imágenes 5 y 6).

La dificultad para realizar la TCC fue notable en las pacientes con osteoporosis marcada y mas en pacientes seniles con osteoporosis en donde la masa ósea es menor, la dificultad radica en la colocación de los planos de corte ya que el equipo no reconoce las plataformas articulares y era necesario que el operador conociera las funciones de modulación de ventanas en la tomografía, además de conocer las funciones del equipo para realizar un posicionamiento manual de los cortes axiales. Otra condición que dificultó una buena visualización de las plataformas vertebrales fue en las pacientes con estreñimiento por sobreposición del colon ascendente y descendente con los cuerpos vertebrales en el plano lateral. En ambos casos el estudio fue posible de realizar aunque represento una notable dificultad y en personal poco experto en el manejo del equipo puede impedir su realización.

La paciente que fue excluida del protocolo tenía una prótesis de metal en nivel T12-L1 lo cual creaba artefacto de imagen siendo una contraindicación absoluta por este método, hago mención que el protocolo del software de la TCC permite elegir el plano a evaluar incluyendo T12, L1, L2, L3, L4, y L5, para fines prácticos en este protocolo se manejo el estándar del equipo que es L1, L2 y L3.

No es posible determinar en el presente estudio la frecuencia y estadística en relación a la osteoporosis ya que las pacientes fueron referidas de la consulta de Endocrinología y algunas ya son conocidas osteoporóticas, además no fue la intención del estudio.

Con la experiencia adquirida en el estudio podemos establecer un protocolo para la canalización de los pacientes para densitometría previa valoración del médico solicitante, en general el paciente debe acudir bañado, sin artículos de metal (las prótesis son una contraindicación relativa según el sitio donde se encuentren), el embarazo es una contraindicación y debe ser valorado su riesgo vs beneficio por la radiación que representa, si la paciente es estreñida conocida un enema evacuante permitirá una mejor valoración y agilizará el estudio.

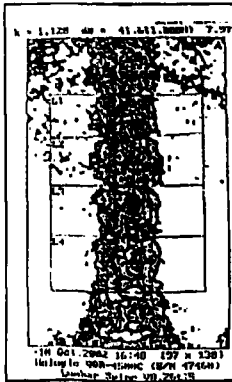


Imagen 1: plano de estudio de la DEXA con el tipo de impresión en papel que se envía en el reporte final del estudio.



Imagen 2: Se observa una vértebra en el plano axial con las mediciones realizadas (hueso cortical y trabecular), en la parte inferior se ubica el "fantasma" de donde se toma una densidad de referencia. Los tejidos blandos no son incluidos en la medición.

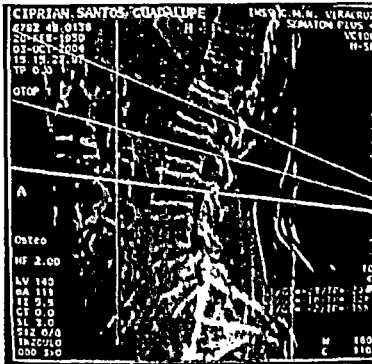


Imagen 3: Topograma de ubicación para la determinación de los niveles para los cortes axiales incluyendo posición de la mesa y angulación del Gantry, las plataformas son bien delimitadas y existen cambios espondiloartrósicos (esclerosis facetaria y de plataformas articulares, osteofitos marginales anteriores).

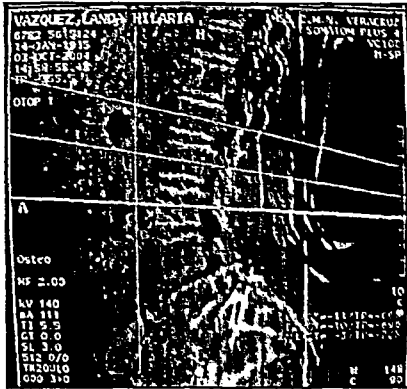


Imagen 4: Topograma de ubicación para los cortes axiales, es notable la sobreposición del colon al cuerpo vertebral. Existe desplazamiento anterior de L5 sobre S1 grado I de Meyerding.

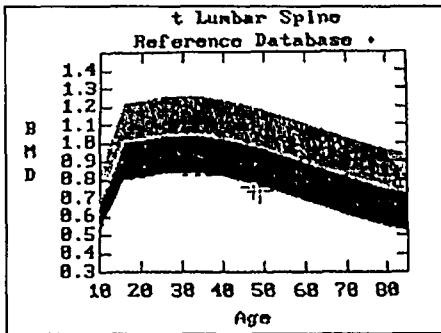


Imagen 5: forma de reporte de la DEXA en hojas Impresas por rango de edad.

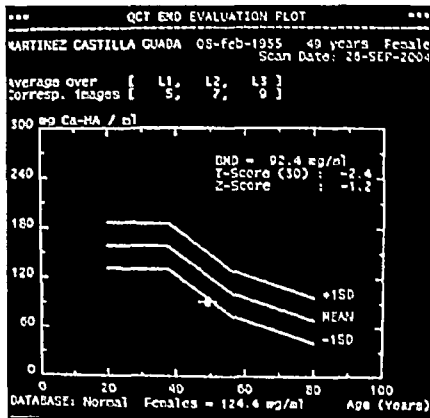


Imagen 6: Forma de reporte de la TCC en placa monocromática con los datos generales de la paciente incluyendo edad y fecha de nacimiento, medición en mg/ml, vértebras evaluadas y gráfica con los resultados.

CONCLUSIONES

Los resultados de ambos métodos fueron similares considerando el reporte final. La DEXA tiene algunas ventajas como menor costo del equipo y de la forma de reportarse (hojas de papel impresas); la TCC depende de un equipo caro (ya se cuenta con el en nuestro hospital), pero su unidad de medición es más exacta (mg/ml), discrimina tejidos blandos y arco posterior por lo que la obesidad y la esclerosis facetaria en el arco no se involucran en la medición, además requiere de una proyección lateral que permite valorar la morfología de la columna y detectar alteraciones macroscópicas y fracturas en los cuerpos evaluados en los cortes axiales gracias a su excelente resolución en imagen. Ambos métodos requieren de radiación es por ello que su uso debe ser evaluado por el médico solicitante teniendo en cuenta que es un método diagnóstico de apoyo y no un simple estudio de rutina.

En nuestro hospital no hay motivo para la subrogación de la DEXA considerando los resultados obtenidos, sin embargo las ventajas de cada uno de los dos métodos debe ser evaluado individualmente por cada médico y según lo sospechado en los pacientes ya que en el caso de sospecha de fractura la TCC representa el mejor método diagnóstico.

BIBLIOGRAFÍA

1. E. -M. Lochmüller, D. Bürklein, V. Kuhn, Mechanical strength of the thoracolumbar spine in the elderly: prediction from in situ dual-energy X-ray absorptiometry, quantitative computed tomography (QCT), upper and lower limb peripheral QCT, and quantitative ultrasound *Bone, Volume 31, Issue 1, July 2002, Pages 77-84*
2. Finkelstein JS, Klibanski A, Arnold AR, Toth TL, Hornstein MD, Neer RM. Prevención de la pérdida ósea relacionada con la deficiencia de estrógenos con la hormona paratiroidea humana. *JAMA* 1998; 280:1067-1073.
3. Melton LJ. How many woman have osteoporosis now? *J Bone Miner Res* 1995;10:175-177.
4. Díaz-Curiel M, García JJ, Pérez-Cano R, Rapado A, Álvarez-Sanz C. Prevalencia de osteoporosis determinada por densitometría en población femenina española. *Med Clin* 2000;116:86-88.
5. Murillo-Urbe A, Delezé-Hinojosa M, Aguirre E, Villa A, Calva J, Cons F, et al. Osteoporosis en la mujer posmenopáusica mexicana. Magnitud del problema. Estudio multicéntrico. *Ginecol Obstet Mex* 1999;67 (5):227-233.
6. Larruz QJ. Epidemiología de las fracturas osteoporóticas. En: Fraga MA, Cons MF, editores. *Avances en osteoporosis. Vol. VI. México: Corporativo Intermédica; 1998. p. 7.*

-
7. **Grampp S, Henk CB, Imhof H. CT and MR assessment of osteoporosis. Semin Ultrasound CT MR 1999;20(1):2-9.**
 8. **Grampp S, Henk C, Lu Y, Krestan C, Resch H, Kainberger F, et al. Quantitative US of the calcaneus: Cutoff levels for the distinction of healthy and osteoporotic individuals. Radiology 2000;220(2): 400-405.**
 9. **Martínez-Díaz-Guerra G, Hawkins CF. Atenuación ultrasónica del calcáneo; precisión y correlación con la absorciometría doble de rayos x lumbar y de antebrazo. Endoc Nutr 2000;47:103-107.**
 10. **Grampp S, Henk CB, Imhof H. Clinical application of densitometry. Radiology 1999;39(3):222-227.**
 11. **Brunader R, Shelton DK. Radiologic bone assessment in the evaluation of osteoporosis. Am Fam Phys 2002;1;65(7):1357-1364.**
 12. **Cummings SR, Melton LJ. Epidemiology and outcomes of osteoporotic fractures. Lancet 2002;359 (9319):1761-1767.**
 13. **Cheng XG, Nicholson PH, Boonen S, Lowel G, Brys P, Aerssens J, Van der Perre G, Dequeker J. Prediction of vertebral strength in vitro by spinal bone densitometry and calcaneal ultrasound. J Bone Miner Res 1997;12:1721-8.**
 14. **.Edmondston SJ, Singer KP, Day RE, Price RI, Bredahl PD. Ex vivo estimation of thoracolumbar vertebral body compressive strength: the relative contributions of bone densitometry and vertebral morphometry. Osteoporos Int 1997;7:142-8.**
 15. **Duboeuf F, Jergas M, Schott AM, Wu CY, Gluer CC, Genant HK. A comparison of bone densitometry measurements of the central skeleton in**

-
- post-menopausal women with and without vertebral fracture. *Br J Radiol* 1995;68:747–53.
16. Lang TF, Li J, Harris ST, Genant HK. Assessment of vertebral bone mineral density using volumetric quantitative CT. *J Comput Assist Tomogr* 1999;23:130–7.
 17. Bergot C, Laval-Jeantet AM, Hutchinson K, Dautraix I, Caulin F, Genant HK. A comparison of spinal quantitative computed tomography with dual energy x-ray absorptiometry in European women with vertebral and nonvertebral fractures. *Calcif Tissue Int* 2001;68:74– 82.
 18. Wolfgang Dägnert, MD. *Radiologu Review Manual*. Lippicott Willams and Wilkins, Fourth Edition, *Degenerative Disease*, pag 670. 1999.
 19. E. -M. Lochmüller, D. Bürklein, V. Kuhn, Mechanical strength of the thoracolumbar spine in the elderly: prediction from in situ dual-energy X-ray absorptiometry, quantitative computed tomography (QCT), upper and lower limb peripheral QCT, and quantitative ultrasound *Bone, Volume 31, Issue 1, July 2002, Pages 77-84*
 20. T. Lang,L P. Augat,L S. Majumdar, Noninvasive Assessment of Bone Density and Structure Using Computed Tomography and Magnetic Resonance *Bone Vol. 22, No. 5, Supplement May 1998:149S–153S*
 21. Jeannette SP. Osteoporosis risk factors. *Am Fam Phys* 2001(63);51.
 22. Encuesta Nacional sobre Adicciones. Capítulos Tabaco y Alcohol. México: CONADIC. www.sssa.gob.mx
 23. E. -M. Lochmüller, D. Bürklein, V. Kuhn, Mechanical strength of the thoracolumbar spine in the elderly: prediction from in situ dual-energy X-

ray absorptiometry, quantitative computed tomography (QCT), upper and lower limb peripheral QCT, and quantitative ultrasound *Bone, Volume 31, Issue 1, July 2002, Pages 77-84*

AGRADECIMIENTOS

A Dios, gracias por todas las oportunidades, por permitirme estar en el momento adecuado y aprovechar cada momento, por dejarme vivirlos cada uno de distinta forma, por la vida misma y por todo lo que pusiste a mi lado para hacerme mas valioso. Ya de camino te agradezco habernos enviado a los Rayos X, a las ondas de ultrasonido, la imagen por Tomografía y los pulsos de radiofrecuencia, en fin gracias por todo, eres el protagonista de esta novela.... Te dedico el final de esta obra.

A mis padres, me han dado todo y lo único que me pidieron es no fallarles, no sé si cumplí cabalmente pero les aseguro que nunca trate de faltar a mis deberes. Pocas veces se los he dicho, pero los quiero mucho, gracias por el ejemplo en la forma de vivir, por enseñarme el camino y ayudarme a llegar. Ustedes son mi placa simple: me han enseñado mas de lo que al inicio pude ver, ahora los veo mejor y se mucho mas de ustedes, Gracias.

A Karen y Paulina, qué les puedo decir, falta estar aquí para saber lo que han hecho por mí. No alcanzaría esta hoja para mencionar lo mucho que las amo, fueron, son y serán mi inspiración. Cualquiera cosa que escriba está de mas, siempre te he expresado mi agradecimiento. Sin ustedes no sería lo mismo este camino ni lo hubiese disfrutado igual. Son mi densidad protónica y mi T2, van de la mano y siempre llevan a algo bueno. Simplemente gracias por existir y ser mi vida.

A Dante, Lupita, Fátima, Andrea, Salomé y Fermín, que son parte de esta enorme familia, por todo su apoyo, paciencia, amor, comprensión y unidad. Mi deseo es que siempre seamos una familia como ahora. Ustedes son la colimación, el millamperaje y el kilovoltaje, siempre necesarios para una excelente funcionalidad.

Al Dr. Polo, por su dedicación, por desburrizarme, por cambiarme de rupestre a silvestre y de ahí a campestre, me enseñó usted mucho más que Radiología y le debo mucho. Siempre diré con orgullo de que escuela vengo y quien fue mi maestro. Usted es el FLAIR de este estudio, la parte especial y compleja, la de mayor información y dedicación. De nuevo mil gracias.

A mis asesores, gracias por llevar hasta el final esta obra, no es la mejor pero si la que llevó mí mejor empeño.

A mis compañeros de la residencia, creo que son mi otra familia, pasé más tiempo con ustedes que en mi casa, traté de no fallarles y darles un buen ejemplo. Si les falté en algún momento les pido disculpas y si no lo hice pues otro día será. Ustedes son el ICT y el TILT de la tomo, no sabemos para que están pero ahí siguen.... No es cierto. Los quiero.

A todos los que no he mencionado, inclúyanse ahí, toda la gente, familiares, amigos, compañeros, médicos, enfermeros, técnicos radiólogos, pasantes, intendentes, pacientes y todo aquel ente que de una u otra forma influyeron en mi preparación. Ustedes son como la mastograffa de mi unidad, nunca me enteré que estaban ahí hasta que redacté estas líneas. Gracias a todos ellos.