



---

**Universidad de Valladolid**

**Facultad de Medicina**



# TC DE BAJA DOSIS PARA EL DIAGNÓSTICO DE FRACTURAS PRESENTE Y FUTURO

---

TRABAJO DE FIN DE GRADO



**Servicio Radiodiagnóstico**

Alumna: **Carmen Hens Barrilero**

Tutor: **Israel Sánchez Lite**

Cotutor: **Nuria Andrés García**

*Valladolid, Mayo 2021*

**ÍNDICE**

1) RESUMEN.....	2
2) INTRODUCCION.....	3
3) MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
A. POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	5
B. OBTENCIÓN IMAGEN RADIOLÓGICA.....	6
C. PARÁMETROS ESTUDIADOS.....	9
D. PROCESO DE COMPARACIÓN DE LAS IMÁGENES.....	9
D.1 PROCESADO DE LA IMAGEN.....	9
4) RESULTADOS.....	10
A. ANÁLISIS DESCRIPTIVO.....	10
B. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	11
C. ANÁLISIS RADIOLÓGICO.....	12
5) DISCUSIÓN.....	14
6) CONCLUSIONES.....	17
7) BIBLIOGRAFÍA.....	17
8) AGRADECIMIENTOS.....	18
ANEXO I – TC Y MONITOR.....	19
ANEXO II – IMÁGENES RADIOLÓGICAS.....	20
ANEXO III – ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	22
ANEXO IV - PÓSTER.....	24

## 1) RESUMEN

**Introducción.** Las fracturas protagonizan uno de los muchos campos en los que resultan fundamentales las pruebas de imagen. El paso fundamental para el diagnóstico, tratamiento y seguimiento de los pacientes con fracturas son las imágenes radiológicas, aunque resulta notable el gran número de fracturas que hoy en día no son diagnosticadas en la primera visita médica. La TC resulta superior para evaluar las estructuras óseas y articulaciones que una radiografía. Sin embargo, es conocida por utilizar una elevada dosis de radiación en comparación con las radiografías convencionales. El objetivo de este trabajo recae en el estudio de la TCBD en el diagnóstico de fracturas.

**Materiales y métodos.** Hemos realizado un estudio de validez diagnóstica en el servicio de Radiodiagnóstico del Hospital Clínico Universitario de Valladolid, analizando las imágenes de los estudios radiológicos realizados a pacientes que acudían tanto al servicio de urgencias por sospecha de fractura, como a consultas por revisión de su patología previamente diagnosticada, traumática y ortopédica. Se han incluido un total de 36 pacientes, de los cuales 4 cumplían criterios de exclusión. Hemos realizado el estudio con los 32 pacientes válidos, obteniendo un total de 27 lesiones, pues en 8 casos se descartó patología y en otros 3 se diagnosticaron lesiones bilaterales.

**Resultados.** Obtuvimos 32 pacientes, media de 33 años de edad, obteniendo 27 fracturas. Considerando la RX como prueba de referencia, la TCBD obtiene una **Sensibilidad de 82,6%, Especificidad del 77,78%, un Valor predictivo positivo del 90,48%** y un **Valor predictivo negativo del 63,6%**. La comparación de la radiografía convencional con la posterior TCBD ocasionó un cambio en la actitud terapéutica en un total de 28 pacientes (90,3%), manteniéndose la actitud terapéutica establecida a raíz de la RX en tan sólo 4 pacientes (9,7%).

**Conclusión.** La TCBD es una técnica diagnóstica útil y alternativa a la RX simple, para el diagnóstico de fracturas. Es capaz de demostrar fracturas con una gran sensibilidad y especificidad, así como valor predictivo positivo respecto a su prueba de referencia, la RX. Además emplea dosis de radiación equiparables a la RX y significativamente menores al TC convencional.

**Palabras clave.** Tomografía computarizada de baja dosis, TCBD, RX, fracturas.

## 2) INTRODUCCION

Desde finales del siglo pasado, estamos siendo testigos de avances tecnológicos que están abriéndose camino en todos los ámbitos de la sociedad, especialmente en países desarrollados. La revolución tecnológica que estamos viviendo ha impactado sobre la actividad sanitaria y especialmente en diferentes especialidades. Las unidades de diagnóstico por imagen de los hospitales se encuentran en el centro de dichos avances con incorporación de cada vez más complejos equipamientos. Precisamente, se ha experimentado tal importante avance en las unidades de imágenes médicas en la última década, que se han convertido en un pilar clave en el que se apoyan muchas especialidades médicas.

Las fracturas protagonizan uno de los muchos campos en los que resultan fundamentales las imágenes radiológicas. Esta patología, muy frecuente en el día a día de nuestros servicios de urgencias, supone un gran impacto en la salud de nuestros pacientes y en nuestra sociedad en cuanto a costes derivados de gasto sanitario y bajas laborales. El paso fundamental para el diagnóstico, tratamiento y seguimiento de los pacientes con fracturas son las imágenes radiológicas.

Sin embargo, resulta notable el gran número de fracturas que hoy en día no son diagnosticadas en la primera visita médica. Algunos autores refieren que el 80% de los errores diagnósticos en los servicios de urgencias corresponden a fracturas no diagnosticadas (1). El tiempo juega un papel crucial en el tratamiento de una fractura. La detección temprana permite el tratamiento eficaz de ésta (2), previene complicaciones tales como consolidación defectuosa o persistencia del dolor y propicia una disminución de los costes médicos.

Como ha sido mencionado previamente, y de igual forma es comúnmente conocido, que la piedra angular en el proceso diagnóstico de las fracturas a día de hoy son las imágenes radiográficas. Siendo así, es remarcable destacar el papel de la tomografía computarizada (TC) en el ámbito de esta patología. La primera prueba de imagen a realizar para el diagnóstico de una fractura es la radiografía simple. En ocasiones, cuando la fractura presenta algunas características en el estudio de Rx simple (fracturas complejas, desplazadas, con extensión a la superficie articular o existen cuerpos libres) puede ser necesario completar el estudio con tomografía computarizada (TC).

La TC resulta superior para evaluar las estructuras óseas y articulaciones, así como para detectar fracturas más sutiles de las que es capaz de detectar una radiografía. De

la misma forma, resulta útil para una adecuada planificación quirúrgica y, en ocasiones, para evaluar la evolución y correcta formación de callo de fractura. De la misma forma, se ha demostrado que la TC es superior a las radiografías simples en la evaluación de la curación de fracturas. Pese a ello, la TC convencional es conocida por utilizar una elevada dosis de radiación en comparación con las radiografías convencionales, característica que frena su utilización generalizada sobre todo en pacientes pediátricos y adultos jóvenes.

Durante las últimas décadas se ha producido un incremento de las peticiones de pruebas radiológicas que utilizan radiaciones ionizantes. Este crecimiento exponencial en su utilización ha ocasionado que las pruebas de diagnóstico sean la causa principal de la radiación artificial recibida por la población

Durante los últimos años y siguiendo los criterios de radioprotección (ALARA) los esfuerzos de la industria y la comunidad científica se están centrando en disminuir la radiación que reciben nuestros pacientes en las pruebas radiológicas.

Para minimizar estas cifras de radiación surgieron las tomografías computarizadas de baja dosis (TCBD o ULD-CT, por sus siglas en inglés, ultra-low-dose computed tomography). El término de “baja dosis” hace referencia a una reducción agresiva de la dosis de radiación, emitida en un 90%, con respecto a la TC convencional, para la posterior reconstrucción de la imagen mediante el uso de programas informáticos de última generación, sin dejar de lograr una buena calidad de imagen de cara al diagnóstico(3).

De esta forma conseguimos potenciar la ventaja que nos proporcionan las imágenes más precisas de la TC, esquivando a su vez el principal inconveniente de ésta, la mayor dosis de radiación. Por lo tanto, una vez sorteada esta desventaja de la radiación de la TC convencional, se nos plantea un abanico de nuevas utilidades que se le podrían dar a esta innovadora técnica de imagen.

El objetivo de este trabajo recae en el estudio de la TCBD en el diagnóstico de fracturas, valoración de la calidad de las imágenes y comparación de las dosis de radiación recibidas por los pacientes en los estudios de RX.

Aunque, si bien es cierto que este resultaba nuestro propósito principal, una vez comenzado el proyecto, se nos abrió un horizonte de nuevas indicaciones para la TCBD, especialmente en traumatología ortopédica de niños y adultos jóvenes.

### 3) MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio que ha sido llevado a cabo tiene una validez diagnóstica de carácter prospectivo, aprobado en noviembre de 2020 por el Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital Clínico Universitario de Valladolid.

#### A. POBLACIÓN DE ESTUDIO

En la realización de este proyecto, hemos analizado las imágenes de los estudios radiológicos realizados a pacientes pertenecientes al área Este de Valladolid, que acudían tanto al servicio de urgencias por sospecha de fractura como a consultas por revisión de su patología previamente diagnosticada, traumática y ortopédica. Los estudios de imagen realizados a los pacientes fueron Rx simple y TCBD centrados en la región anatómica de interés.

Las pruebas de imagen se han realizado en el servicio de Radiodiagnóstico del Hospital Clínico Universitario de Valladolid, equipos de Rx convencional y TC, entre los meses de octubre de 2020 y abril de 2021.

Se establecen los siguientes criterios para inclusión y exclusión en el estudio:

#### **Criterios de inclusión:**

- Pacientes que acuden al Servicio de Urgencias y consultas programadas con sospecha de fractura y precisan completar el estudio de Rx con TCBD para decidir tratamiento:
  1. Dudas de la existencia de fractura
  2. Caracterizar los trazos de fractura
  3. Existencia de fragmentos óseos y cuerpos libres
- Pacientes con necesidad de imagen radiológica programada con TC, como revisión de fractura precedente y son subsidiarios de TCBD.

#### **Criterios de exclusión:**

- Pacientes cuya situación clínica no permite realizar el TCBD.
- Imposibilidad de realización de TCBD: claustrofobia, obesidad, material de osteosíntesis.
- Pacientes que no acuden por diferentes motivos a la cita de la prueba de imagen, en el caso de que se tratara de una revisión.
- Pérdida y/o fallo en la transmisión de datos a los servidores que impidieron el análisis de las imágenes.

Obtuvimos un total de 36 pacientes, de los cuales 4 cumplían criterios de exclusión. Hemos realizado el estudio con los 32 pacientes válidos, obteniendo un total de 27 lesiones, pues en 8 casos se descartó patología y en otros 3 se diagnosticaron lesiones bilaterales.

## **B. OBTENCIÓN IMAGEN RADIOLÓGICA** **TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE BAJA DOSIS**

La adquisición de la imagen radiológica se realizó con la técnica ULD-CT: *ultra-low-dose computed tomography*, en unos de los equipos de TC de última incorporación y alta tecnología del Hospital Clínico Universitario de Valladolid (ANEXO I).

La técnica de TC ha experimentado un incremento considerable de su uso desde el 1980 en países occidentales, debido a su capacidad diagnóstica rápida y precisa. Sin embargo, esta técnica sería aparentemente la responsable de la mitad de la dosis efectiva total procedente de pruebas médicas en Estados Unidos(4). Nos encontramos, por lo tanto, frente a una técnica cuyos beneficios para la práctica médica han resultado indiscutibles y que, a su vez, presenta la objeción de emitir un promedio de dosis de radiación de mayor magnitud que la correspondiente a exámenes convencionales como los rayos X.

Este hecho ha obligado a la comunidad radiológica y a la industria a marcarse un claro objetivo: disminuir la dosis de radiación hasta el mínimo razonable, manteniendo a su vez una calidad de imagen óptima de cara a la elaboración de la diagnosis.

Para llevar a cabo este propósito, se tienen en cuenta aquellos factores(4) que influyen en la dosis de radiación (DR), tales como la influencia de los fotones (mAs), la energía del haz de rayos X (Kv), el tiempo de exposición, el grosor de corte, el espesor del objeto, el pitch, la modulación de la corriente del tubo o la distancia desde el tubo de rayos X al isocentro. Una vez analizados estos factores, se tuvo en cuenta como, la modificación cada uno de ellos, podría llevar a conseguir una dosis de radiación menor. A continuación comentaremos algunas de las modificaciones(4):

- **Energía del haz de rayos:** viene determinada por el potencial de tubo. La reducción de este potencial de tubo disminuye la energía de los rayos X emitidos, de manera que una reducción de 120 a 100 kV en el potencial de tubo conlleva a una disminución del 31% en la dosis.

- **Corriente del tubo:** es el número de electrones acelerados que pasan a través del tubo de rayos X por unidad de tiempo. Afecta directa y linealmente a la dosis de radiación, de tal forma que una reducción del 20% en la corriente de tubo supone una reducción del 20% en la exposición a la radiación.
- **Fluencia de fotones:** segundos de exposición a la corriente del tubo (mAs, miliamperios segundo). De igual manera, es un parámetro que influye directamente en la dosis de radiación, por lo que, si el valor de mAs se disminuye en un 50%, de la misma manera lo hará la dosis de radiación.
- **Pitch:** definido como la relación entre el desplazamiento de la mesa en el eje longitudinal durante una rotación completa. Cuando el pitch aumenta, el tiempo que cualquier punto del espacio permanece bajo el haz de rayos es menor.<sup>7</sup>

Una vez vistas las distintas herramientas que poseen los equipos de TC para reducir las dosis de radiación, es conveniente destacar la relación entre los parámetros de calidad de imagen y la dosis del estudio de TC.

Así, los factores que más influencia tienen en la calidad de las imágenes de TC son:

- Ruido y espectro de potencia del ruido
- Relación contraste-ruido (CNR): distinción de densidades con respecto al ruido de fondo.
- Resolución espacial: capacidad para distinguir objetos pequeños adyacentes.
- Artefactos de la imagen.

De esta manera, una imagen con poco ruido, alto contraste, buena resolución espacial y sin artefactos viene a ser la imagen ideal de TC. Sin embargo, mejorar la calidad de imagen convencionalmente se ha asociado a un aumento de la dosis de radiación, dato que entra en conflicto con el objetivo de una reducción de dosis manteniendo una calidad de imagen adecuada para el diagnóstico. Así, tomando como ejemplo algunas de las técnicas de reducción de dosis vistas anteriormente, podemos comentar que una reducción en el potencial de 120 a 100kV implica un aumento del ruido de la imagen en un 20%; una reducción de la corriente de tubo implica una menor cantidad de rayos X en la formación de la imagen, por ende una imagen con más ruido; o el caso del aumento del pitch, que limita la resolución espacial de la imagen.

De cualquier forma, varios avances recientes han posibilitado la reducción de la dosis de radiación manteniendo una calidad de imagen diagnóstica, de los cuales comentaremos algunos a continuación:



- **Modulación de la corriente del tubo de rayos:** es el principal procedimiento, y considerablemente más disponible, para ajustar la técnica de TC al tamaño del paciente, conservando un nivel razonable de ruido en la imagen.
- **Disminución de la cobertura del estudio:** la longitud de adquisición es directamente proporcional a la dosis del estudio de TC. Por esta razón, resulta crucial restringir la longitud del escaneo en el eje z para que sólo la anatomía de interés clínico sea incorporada en la exploración.
- **Protección selectiva de órganos:** poseemos una serie de órganos superficiales radiosensibles como son el cristalino, las mamas o el tiroides, estos quedan expuestos al haz de rayos X. Para disminuir la dosis absorbida en estos órganos se puede usar una modulación angular de la corriente del tubo, adaptada a la posición de órganos críticos.
- **Técnicas de reconstrucción iterativa:** con el objetivo de vencer el aumento de ruido se han desarrollado métodos innovadores de reconstrucción de la imagen, concretamente las técnicas de reconstrucción iterativa (RI). Esta técnica engloba una serie de algoritmos de reconstrucción que facilitan la elaboración de imágenes con dosis de radiación menores y niveles de ruido y calidad de imagen semejantes.

Por lo tanto, integrando varias de las estrategias, tanto de reducción de dosis como de mejora de la calidad de imagen, es como se ha conseguido llegar a lo que hoy llamamos Tomografía Computarizada de Baja Dosis, al objetivo de utilizar la TC para responder a las cuestiones clínicas lo más eficientemente posible desde el punto de vista de la dosis de radiación.

### C. PARÁMETROS ESTUDIADOS

Se revisaron las historias clínicas de los pacientes incluidos en el estudio. La información fue recogida en una base de datos. Las variables recogidas se muestran en la *Tabla 1*.

Datos paciente	Datos exploración	Datos imagen	Datos diagnósticos
Edad	Extremidad estudiada	Calidad de imagen	Diagnóstico clínico
sexo	Extremidad con férula	Dosis radiación RX	Diagnóstico radiológico
	Extremidad con yeso	Número de RX realizadas	
	Extremidad con otro dispositivo	Dosis de TC	

**Tabla 1.** *Parámetros recogidos en el análisis*

### D. PROCESO DE COMPARACIÓN DE LAS IMÁGENES

Dos radiólogos con más de 10 años de experiencia en patología musculoesquelética analizaron las imágenes. Clasificaron los estudios dentro de tres grupos (buena, intermedia y baja calidad) en función de cuatro parámetros:

- Artefactos en la imagen. Presencia de artefactos (metálicos, por movimiento,...) que impidieran la visualización de estructuras.
- Ruido en la imagen. Imágenes con mucho “grano”, no útiles para el diagnóstico.
- Capacidad de distinguir estructuras en proximidad.
- Poder realizar reconstrucciones de calidad. Reconstrucciones multiplanares y volumétricas no escalonadas-pixeladas y que impidan la visualización de estructuras y las diferentes patologías.

#### D.1 PROCESADO DE LA IMAGEN

Los estudios de TC se realizan de forma sistemática. En la adquisición de imagen se selecciona el protocolo estandarizado MSK BAJA DOSIS (ANEXO I). En dicho protocolo se incluyen todos los parámetros de reducción de dosis disponibles. Se realiza reducción del kilovoltaje y de la corriente del tubo, modulación de la corriente, protección selectiva de órganos, disminución del mAS y se ajusta el Pitch. En todos los estudios de ajusta la cobertura a la zona de interés, evitando radiar otras regiones anatómicas. Además en el TC del Hospital Clínico Universitario de Valladolid de última

generación se incluyen los últimos avances necesarios para completar el protocolo de baja dosis, las técnicas de reconstrucción iterativa.

El paciente se coloca en la camilla del TC en decúbito supino o prono, según sea necesario. Se realiza centraje de la zona anatómica en el gantry (parte del equipo de TC donde se encuentran el tubo de rayos y los detectores). Primero se obtiene una imagen de centraje o scout para seleccionar la zona a estudiar. Sobre la imagen de scout nos centramos sobre la zona anatómica diana (hombro, codo, muñeca, columna vertebral, cadera, rodilla o tobillo). Una vez obtenidas las imágenes se procesan en la estación de trabajo SERVER General Electric. Se realizan reconstrucciones multiplanares y volumétricas. Se procede al análisis de las imágenes emitiendo finalmente un informe radiológico.

#### 4) RESULTADOS

Los datos han sido analizados con los programas IBM SPSS Statistics 24 y Epidat 3.1. Aquellos valores de  $p < 0,05$  han sido considerados estadísticamente significativos. Las variables cuantitativas se presentan con la media y la desviación estándar.

##### A. ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Al inicio del estudio se incluyeron 36 pacientes, 4 resultaron descartados del estudio por presentar criterios de exclusión. Por lo tanto, contamos con **un total de 32 pacientes** válidos, de los cuales eran 12 varones (37,5%) y 30 mujeres (62,5%). El rango de edad de los pacientes se situó entre los 9 y los 70 años, con una **media de edad de 33,97 años** y una desviación estándar del 18,54%. De todos ellos tan sólo 1 paciente era portador de férula (3,1%) y dos eran portadores de yeso (9,4%).

De entre todos los pacientes, se analizó 1 fractura de hombro (3,13%), 1 fractura de codo (3,13%), 5 fracturas de mano-muñeca (15,63%), 11 fracturas en rodilla (34,38%), 10 fracturas en tobillo-pie (31,25%), 1 fractura de columna (3,13%) y 3 fracturas de cadera (9,38%). Finalmente se confirmaron **un total de 27 fracturas**, ya que hubo 8 pacientes en los que se descartó lesión tras la comparación de la RX con la TCBD realizada a continuación, de la misma forma que obtuvimos 3 pacientes en los cuales se diagnosticaron fracturas en ambas extremidades.

A lo largo de todo el estudio se realizaron 32 radiografías y 32 TCBD, siendo 17,67 la media de cobertura en cm por la TC.

La comparación de la radiografía convencional con la posterior TCBD ocasionó un cambio en la actitud terapéutica en un total de 28 pacientes, manteniéndose la actitud terapéutica establecida a raíz de la RX en tan sólo 4 pacientes.

## **B. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

(ANEXOIII) En las RX se objetivaron un total de 21 fracturas, de las cuales 2 fueron descartadas mediante la TCBD. También se tenía sospecha de patología en 11 pacientes, 7 de los cuales fueron sospechas descartadas por la TCBD. Con lo cual, con la tabla de contingencia obtenemos que un **59,38%** fueron fracturas confirmadas por la TCBD, un 6,25% fueron fracturas descartadas, un **12,5%** fueron sospechas de fracturas confirmadas por la TCBD y un 21,88% fueron sospechas descartadas. Obteniendo de esta forma una **Sensibilidad** de **82,6%**, **Especificidad** del **77,78%**, un **Valor predictivo positivo** del **90,48%** y un **Valor predictivo negativo** del **63,6%**. En el índice de Youden se obtuvo un 0,6% con una Razón de verosimilitud positiva del 3,72.

Con respecto a la dosis de radiación administrada, en el caso de la RX se obtuvo una media de 64,21  $\mu\text{Sv}$  (desviación estándar de 161,07) con unos valores máximos de 682,03 y unos mínimos de 0,07 y con un Percentil25 de 0,36 y un Percentil75 de 4,88. En el caso de la TCBD se obtuvo una media de dosis de radiación de 12,43 (desviación estándar de 26,10) con unos valores máximos y mínimos de 105,92 y de 0,66 respectivamente y unos Percentiles25 y Percentiles75 de 1,19 y 5,37 respectivamente.

Se realizaron solo 1 RX a 7 pacientes (22,6%), 2 RX a 15 pacientes (48,4%), 3 RX a 5 pacientes (16,1%) y 4 RX a 4 pacientes (12,9%).

Teniendo en cuenta la cobertura en cm de la TCBD se obtuvo una media de 17,67  $\mu\text{Sv}$  (desviación estándar de 5,88), con unos mínimos y máximos de 8,00 y 31,00 respectivamente y un Percentil 25 de 14 y Percentil57 de 21,75.

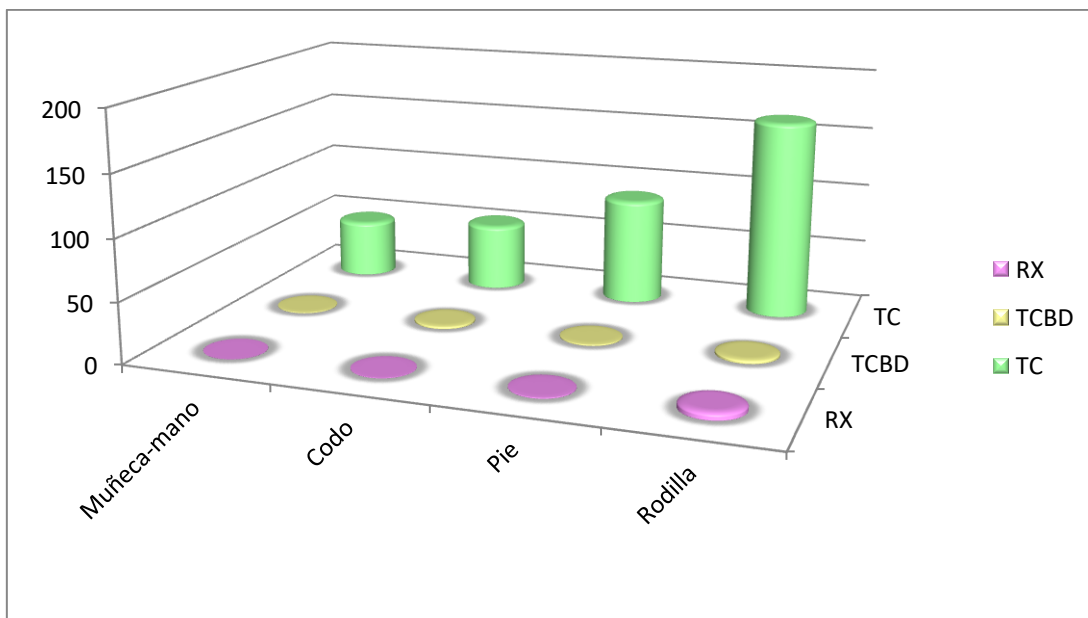
### C. ANÁLISIS RADIOLÓGICO

En relación con la dosis de radiación recibida por el paciente, en este estudio se trabajó con el hándicap de la diferencia en las unidades en que eran expresadas las dosis, tanto en una radiografía como en un TCBD. Para ello, contamos con la ayuda de los especialistas en Radioprotección y Medicina Física del Hospital Clínico Universitario de Valladolid. Ambas unidades de dosis, DLP en la TC y mGy cm<sup>2</sup> en la RX, fueron transformadas por el equipo a  $\mu\text{Sv}$  para posibilitar así su correspondiente comparación. Gracias a la facilitación de estos datos, pudimos comprobar que, pese a un ligero aumento en la dosis de radiación proporcionada por la TCBD, en la mayoría de pacientes las dosis resultaban prácticamente comparables, como podemos comprobar en la *Tabla 2*.

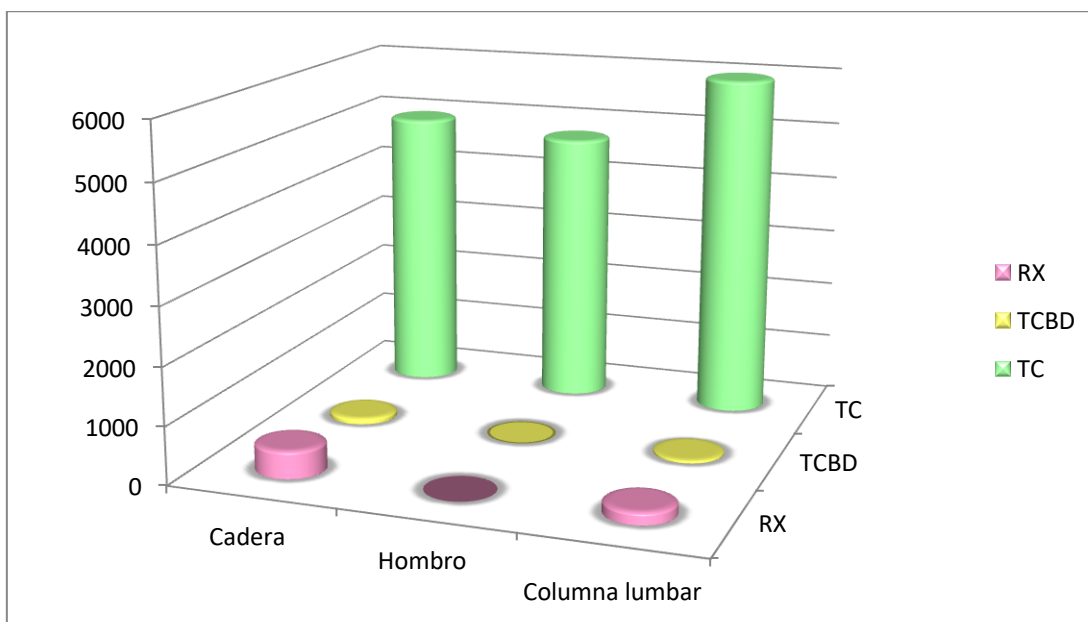
Paciente	TCBD ( $\mu\text{Sv}$ )	RX ( $\mu\text{Sv}$ )	Paciente	TCBD ( $\mu\text{Sv}$ )	RX ( $\mu\text{Sv}$ )
1	1,47	1,34	17	0,99	0,36
2	1,02	0,25	18	2,75	0,91
3	1,19	0,22	19	0,66	0,16
4	1,01	0,70	20	4,45	1,38
5	1,19	0,71	21	3,41	3,08
6	56,70	213,90	22	2,99	5,43
7	1,19	0,40	23	2,72	0,75
8	1,47	0,27	24	80,68	682,03
9	2,39	0,56	25	2,33	0,37
10	1,19	0,07	26	8,79	3,42
11	4,36	2,50	27	3,07	3,93
12	3,10	5,79	28	2,49	4,58
13	1,47	1,00	29	2,94	4,30
14	16,88	6,11	30	1,19	0,35
15	105,92	481,58	31	2,12	0,70
16	0,95	0,09	32	67,46	210,30

**Tabla 2.** Comparación de dosis RX/ TCBD

Igualmente, nos parece procedente destacar que, pese al ligero aumento de dosis en la TCBD con respecto a la RX, sigue siendo una cantidad de radiación significativamente menor de la que se obtendría irradiando las mismas áreas con una TC convencional. Parámetros que podemos ver en los *Gráfico 1* y *Gráfico 2*.



**GRÁFICO 1.** Comparación de dosis de radiación en  $\mu\text{Sv}$  para TC, RX y TCBD en regiones que reciben menos radiación



**GRÁFICO 2.** Comparación de dosis de radiación en  $\mu\text{Sv}$  para TC, RX y TCBD en regiones que reciben más radiación

Realizamos una **doble lectura** de las imágenes obtenidas. El acuerdo en el análisis de las imágenes obtenidas entre los radiólogos expertos evidencia una correspondencia prácticamente total. El resultado de la lectura de los radiólogos fue el siguiente. Un 12,5% de las imágenes realizadas en el estudio serían de mala calidad, 34,4% de

calidad media y 53,1% de buena calidad en el caso del Lector 1, siendo 9,4%, 43,8% y 46,9% los porcentajes respectivos para el Lector 2.

De aquí cabe destacar que las imágenes presentaban una calidad más óptima cuando se trataban del esqueleto axial, de la misma manera que el uso en los pacientes de férula o yeso reducían la misma. Sin embargo, la disminución de calidad más llamativa producida fue secundaria al ruido en la imagen. No obstante, la calidad de las imágenes radiológicas fue suficiente como para cambiar la actitud terapéutica en un 90,3% de los pacientes.

## 5) DISCUSIÓN

A día de hoy, las fracturas ocupan una gran parte del campo de utilidad de las radiografías. Son una patología bastante frecuente, en la que resulta crucial el diagnóstico temprano para establecer un adecuado tratamiento, así como para su seguimiento. Resulta, sin embargo, bastante llamativo el número de fracturas infradiagnosticadas a día de hoy en los servicios de urgencias.

La bibliografía médica contempla, incorporando los avances de los últimos años, la Tomografía Computarizada de Baja Dosis (TCBD) como una alternativa en el diagnóstico de esta patología, por su elevada capacidad diagnóstica en comparación con la radiografía habitual. Si bien es cierto que uno de los mayores inconvenientes de la TC convencional recae en la alta dosis de radiación suministrada al paciente, este hándicap quedaría eludido tras las técnicas de reducción de dosis aplicadas en la TCBD. No obstante, resulta difícil hallar bibliografía sobre estudios que sugieran la TCBD como primer escalón, adelantando a la RX, para el diagnóstico de fracturas.

Dentro de la bibliografía médica, uno de los estudios realizados sobre la calidad que ofrece la TCBD frente a su capacidad diagnóstica fue publicado en el año 2020, por Ting Liang (5). En él se incluyeron 105 pacientes y se demostró una reducción de la dosis de radiación biopsia de nódulo pulmonar guiada por TCBD, sin cambios significativos en la precisión y calidad de imagen. Otro de los artículos con mayor impacto sobre este tema fue aquel publicado de nuevo por Ting Liang como principal autor (6), en el que se examinan cálculos que causan obstrucción urinaria en 142 pacientes, comparando esta vez la TCBD con técnicas de ultrasonido. Resultó más sensible la TCBD (97%) que la ecografía (67%), identificándose por tanto más diagnósticos significativos con la TCBD que con la ecografía, y siendo la dosis de radiación emitida por la TCBD comparable con su rendimiento diagnóstico. En efecto, la mayoría de los estudios en relación con esta innovadora técnica, centran el análisis

de la calidad de imagen en regiones viscerales, si bien es cierto que el análisis del impacto de la dosis debe siempre estar centrado en las regiones viscerales que abarque la TCBD. En 2020, fue publicado uno de los primeros estudios con enfoque puesto en el análisis de calidad de imagen en hueso, por Novoa Ferrero M. (7), en el que se incluyeron dos grupos de 32 pacientes en los que se evaluó la calidad de imagen y la dosis de radiación en estudios de tomografía computarizada del peñasco con escáneres con filtro de estaño y con otro filtro sin estaño. Obteniéndose imágenes de calidad adecuada para la evaluación de estructuras óseas con TCBD manteniendo una baja dosis ( $0.16 \pm 0.04 \mu\text{Sv}$ ).

Del este modo, quisimos realizar en este trabajo una evaluación de la dosis de radiación y calidad de imagen ósea en casos de fracturas, en comparación con los mismos parámetros para un RX. En este estudio planteamos y demostramos el gran potencial diagnóstico de la TCBD en fracturas frente a la RX convencional. Incluimos un número de pacientes similar al de estudios previos, con un total de 36 pacientes, de los cuales 32 resultaron válidos para el análisis. De entre estos pacientes válidos fueron analizadas 1 columna, 1 hombro, 1 codo, 5 muñecas, 11 rodillas, 11 tobillos y 3 caderas.

Los estudios de imagen realizados a los pacientes fueron Rx simple y TCBD centrados en la región anatómica de interés. Se analizaron 27 fracturas, obteniendo para la TCBD una **Sensibilidad** de **82,6%**, **Especificidad** del **77,78%**, un **Valor predictivo positivo** del **90,48%** y un **Valor predictivo negativo** del **63,6%**.

El análisis de las imágenes obtenidas en el estudio fue llevado a cabo por dos radiólogos con más de 10 años de experiencia en patología musculoesquelética. De esta forma, las imágenes de los 32 pacientes fueron analizadas independientemente por cada radiólogo, alcanzando prácticamente una similitud total en el análisis con un 46,9% de imágenes con buena calidad por parte del Lector 1 y un 53,1% para el Lector 2.

La **dosis de radiación** que reciben los pacientes es un aspecto relevante en la elección de una prueba diagnóstica. En este estudio, se ha seleccionado como ejemplo un artículo publicado en mayo del 2019, por Zlatan Alagic (1) en el que, con el objetivo de la comparación de dosis, se transformaban tanto los parámetros en DLP de la TCBD como los mGycm<sup>2</sup> de la RX en  $\mu\text{Sv}$ , para poder proceder a su comparación. Tras este análisis se dedujo una mínima variación en la cantidad de dosis de radiación



administrada por ambas técnicas, como se puede observar en la *Tabla 2*, resultando insignificamente inferior la administrada por la RX. Siendo así, cabe destacar que ambas dosis de radiación resultaron considerablemente bajas con respecto a una TC convencional, ver *Gráfico 1*.

Avanzando en nuestro razonamiento, comentaremos el **aspecto diagnóstico** de nuestro estudio. En el proceso un 59,38% fueron fracturas confirmadas por la TCBD, un 6,25% fueron fracturas descartadas, un 12,5% fueron sospechas de fracturas confirmadas por la TCBD y un 21,88% fueron sospechas descartadas. Es de importante relevancia destacar que la comparación de la radiografía convencional con la posterior TCBD ocasionó un cambio en la actitud terapéutica en un total de 28 pacientes (90,3%), manteniéndose la actitud terapéutica establecida a raíz de la RX en tan sólo 4 pacientes (9,7%). Este estudio ha supuesto así, un cambio en nuestra sistemática de actuación tanto radiológica como traumatológica pues, desde el comienzo de este trabajo, el número de peticiones de TCBD por parte del servicio de traumatología ha aumentado considerablemente.

Podemos afirmar que el TCBD detecta con más fiabilidad las fracturas que la RX convencional y supone una clara ventaja de cara a la confirmación diagnóstica, manteniéndose insignificante la variación de la dosis de radiación por parte de ambas técnicas, con lo cual la **radiación puede dejar de ser un inconveniente** para la realización de la TCBD.

Hemos de resaltar el hecho de que, la inclusión de la región de la cadera en el estudio ocasiona una alteración con respecto a la cantidad de dosis administrada, por ser una región en esqueleto axial, cercana a una gran cantidad de órganos que resultan irradiados. De la misma manera, destacar que la existencia de férula o yeso disminuye la calidad de la imagen.

Consideramos muy importante puntualizar que a lo largo de este estudio nos hemos encontrado otros pacientes, tanto adultos como niños, con patologías distintas a las fracturas, para las cuales consideramos que también sería interesante incluir la TCBD. Actualmente se está empleando el TCBD en patología ortopédica (alineamientos rotulianos, luxaciones de rótula...) enfermedad de Perthes y otras patologías que precisen de control de imagen mediante TCBD. (ANEXO II)

La inclusión dentro del TCBD dentro del arsenal diagnóstico, en el servicio de Radiodiagnóstico del Hospital Clínico de Valladolid durante los últimos meses, ha supuesto un cambio en la sistemática de adquisición de las imágenes en el TC por la

drástica reducción de dosis de radiación que puede beneficiar a nuestros pacientes, especialmente jóvenes y niños.

## 6) CONCLUSIONES

Consideramos la TCBD una técnica de diagnóstico útil y alternativa a la RX simple, sobre todo para el estudio de fracturas del esqueleto apendicular y en paciente no portadores de férulas o yeso.

La TCBD es capaz de demostrar fracturas con una gran sensibilidad y especificidad, así como valor predictivo positivo respecto a su prueba de referencia, la RX, y con dosis de radiación equiparables y significativamente menores al TC convencional.

Por último consideramos necesario la realización de más estudios con un mayor número de pacientes y con un abanico más amplio de patologías potencialmente diagnosticables con TCBD.

## 7) BIBLIOGRAFÍA

1. Alagic Z, Bujila R, Enocson A, Srivastava S, Koskinen SK. Ultra-low-dose CT for extremities in an acute setting: initial experience with 203 subjects. *Skeletal Radiol.* abril de 2020;49(4):531-9.
2. Álava Moreira C, Villarroel Rovere H, Jaramillo Becerra C. Fracturas ocultas, diagnóstico temprano. *Rev Colomb Ortop Traumatol.* 1 de septiembre de 2017;31(3):120-4.
3. Berlin yousign G| I& DA. TC pulmonar de baja dosis [Internet]. [citado 13 de mayo de 2021]. Disponible en: /es/servicios-prestados/neumologia/tc-pulmonar-de-baja-dosis
4. Hernández LP, García NF, Pérez EM, Rodríguez LR, Guinea OF. ESTRATEGIAS DE REDUCCION DE DOSIS EN TC. *Seram* [Internet]. 22 de noviembre de 2018 [citado 13 de mayo de 2021]; Disponible en: <https://www.piper.seram.es/index.php/seram/article/view/1375>
5. Liang T, Du Y, Guo C, Wang Y, Shang J, Yang J, et al. Ultra-low-dose CT-guided lung biopsy in clinic: radiation dose, accuracy, image quality, and complication rate. *Acta Radiol.* 1 de febrero de 2021;62(2):198-205.
6. Kluner C, Hein PA, Gralla O, Hein E, Hamm B, Romano V, et al. Does Ultra-Low-Dose CT With a Radiation Dose Equivalent to That of KUB Suffice to Detect Renal and Ureteral Calculi? *J Comput Assist Tomogr.* febrero de 2006;30(1):44-50.

7. Novoa Ferro M, Santos Armentia E, Silva Priegue N, Jurado Basildo C, Sepúlveda Villegas CA, Delgado Sánchez-Gracián C. Ultralow-dose CT of the petrous bone using iterative reconstruction technique, tin filter and high resolution detectors allows an adequate assessment of the petrous bone structures. Radiologia. 20 de agosto de 2020;

## 8) AGRADECIMIENTOS

A mi tutor, Israel Sánchez Lite, quien me ha guiado, apoyado, animado y ha trabajado plenamente por llevar a cabo este trabajo a pesar de ser la primera vez que me enfrentaba a un estudio de semejante importancia.

A los adjuntos Ricardo Torres Cabrera (Jefe de Servicio de Radioprotección y Medicina Física), Carlos Andrés Rodríguez y Manuel Agulla Otero adjuntos del servicio de Radioprotección y Medicina Física del Hospital Clínico Universitario de Valladolid por su apreciadísima y eficaz ayuda con las comparaciones de dosis.

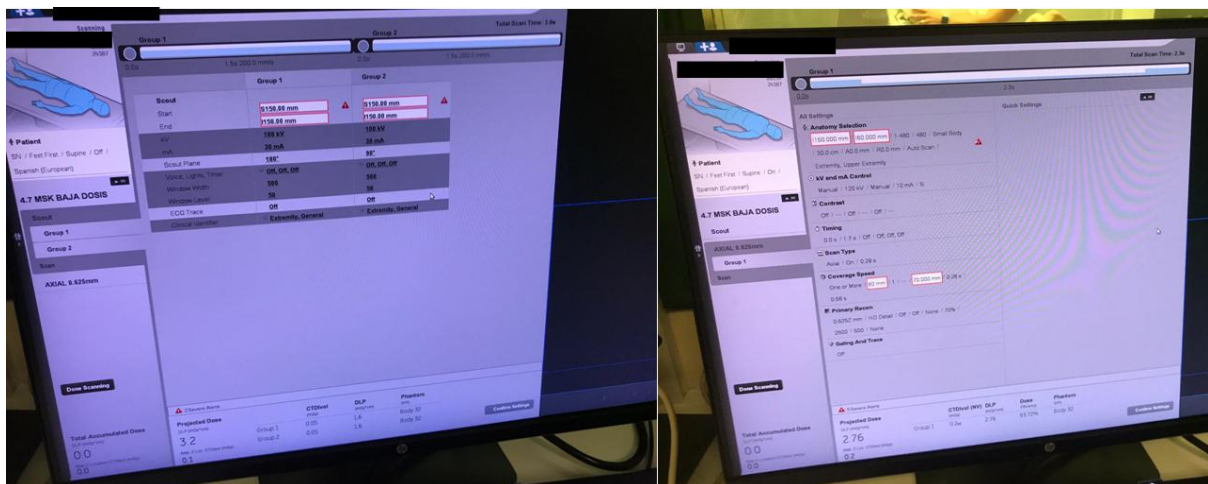
A Marifé por su valiosa ayuda con la recogida de datos y el análisis estadístico en todo momento.

Al servicio de Radiodiagnóstico del Hospital Clínico Universitario de Valladolid por permitirme comenzar mis primeras andaduras en la investigación científica con ellos y especialmente a su jefa de servicio Isabel Jiménez Cuenca.

**ANEXO I – TC Y MONITOR**

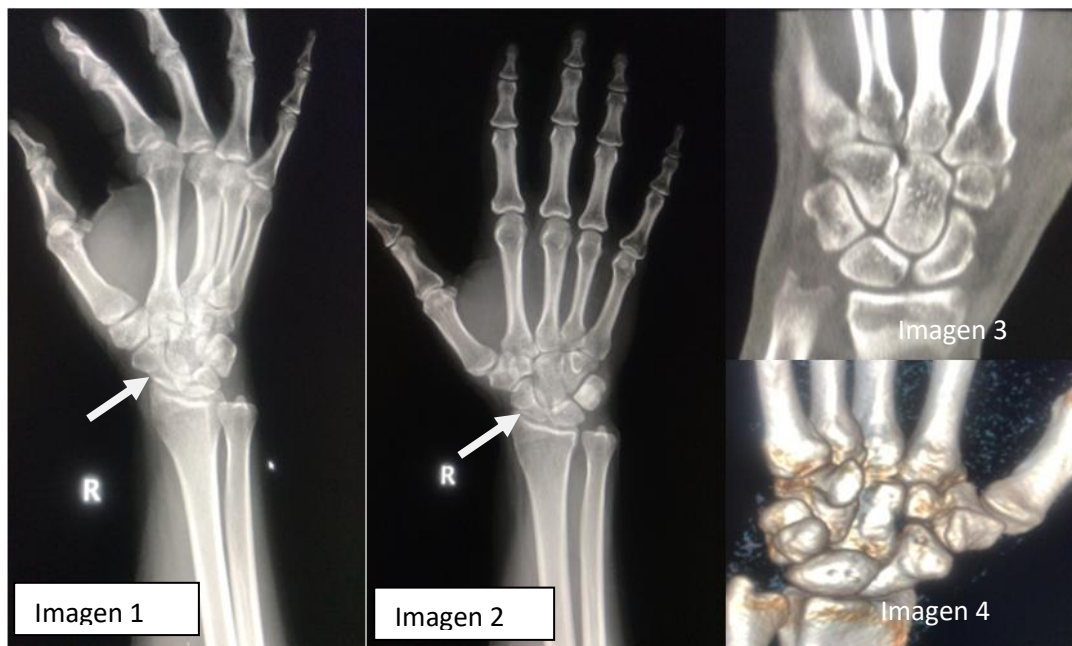


**IMAGEN 1.** TC del servicio de Radiodiagnóstico del Hospital Clínico Universitario de Valladolid donde se han realizado los TCBD.

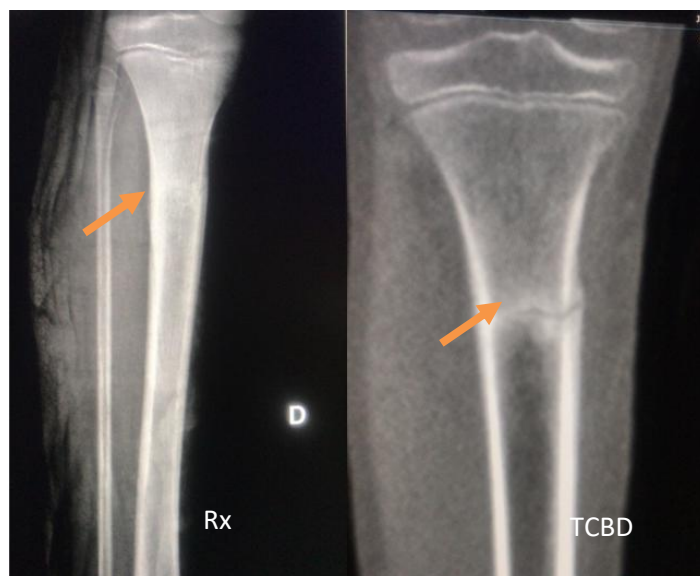


**IMAGEN 2.** Consola de trabajo de los técnicos donde se selecciona el protocolo de baja dosis para realizar el TC.

## ANEXO II – IMÁGENES RADIOLÓGICAS



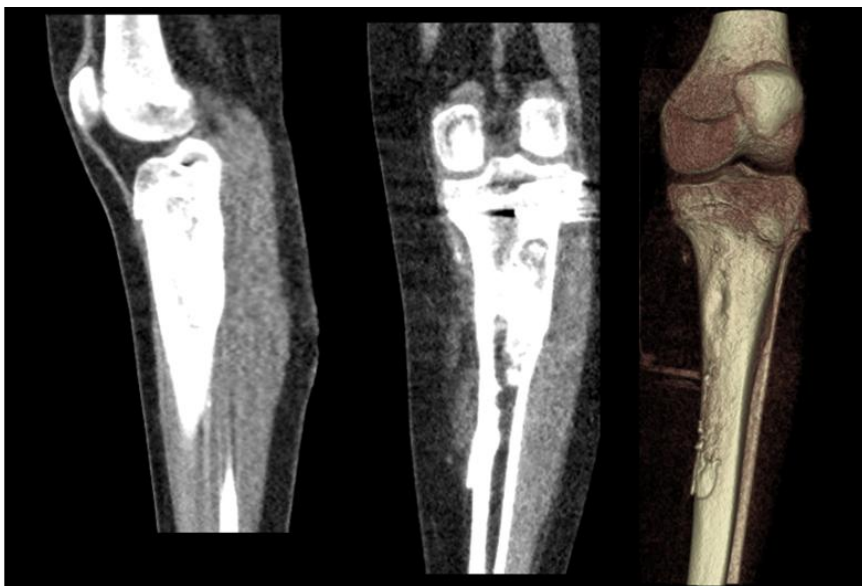
**IMAGEN 3.** Sospecha de fractura de escafoides en imágenes de Rx (flechas en imágenes 1 y 2) posteriormente no confirmada con la TCBD( imagen 3 proyección coronal e imagen 4 imagen volumétrica-3D)



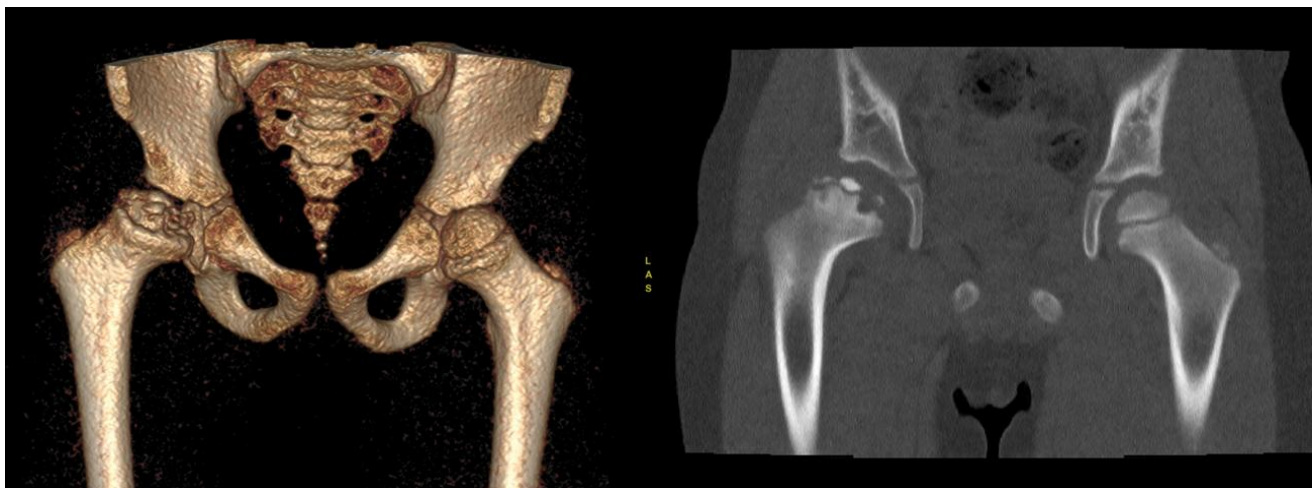
**IMAGEN 4.** Probable línea de fractura en imagen de Rx, confirmada con TCBD



**IMAGEN 5.** Líneas de fractura en calcáneo, visible con más claridad en el estudio TCBD.



**IMAGEN 6.** Imágenes volumétricas de alta calidad de un estudio de TCBD.



**IMAGEN 6.** Enfermedad de Perthes de cabeza femoral derecha en paciente pediátrico. Reconstrucción en 3D y coronal de estudio de TCBD.

### ANEXO III – ANÁLISIS ESTADÍSTICO

		Edad	Cobertura en TC (cm)	Dosis de radiación en RX	Dosis de radiación en TC
N	Válidos	32	32	29	32
	Perdidos	0	0	3	0
Media		33,97	17,6697	56,1493	12,4300
Mediana		34,00	16,0000	,9100	2,6050
Desv. típ.		18,545	5,88419	157,63722	26,10155
Mínimo		9	8,00	,07	,66
Máximo		70	31,00	682,03	105,92
Percentiles	25	14,25	14,0000	,3550	1,1900
	75	48,00	21,7500	4,4400	5,3725

**Tabla 3**

**Cambio en actitud terapéutica**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	NO	3	9,4	9,7	9,7
	SI	28	87,5	90,3	100,0
	Total	31	96,9	100,0	
Perdidos	Sistema	1	3,1		
Total		32	100,0		

**Tabla 4**

Prueba diagnóstica		Prueba de referencia		Total
		Enfermos	Sanos	
Positivo		19	2	21
Negativo		4	7	11
Total		23	9	32

	Valor	IC (95%)	
Sensibilidad (%)	82,61	64,94	100,00
Especificidad (%)	77,78	45,06	100,00
Índice de validez (%)	81,25	66,16	96,34
Valor predictivo + (%)	90,48	75,54	100,00
Valor predictivo - (%)	63,64	30,66	96,61
Prevalencia (%)	71,88	54,73	89,02
Índice de <u>Youden</u>	0,60	0,29	0,92
Razón de verosimilitud +	3,72	1,08	12,80
Razón de verosimilitud -	0,22	0,09	0,58

**Tabla 5**



# ANEXO IV – PÓSTER



Universidad de Valladolid

Facultad de Medicina

## TC DE BAJA DOSIS PARA EL DIAGNÓSTICO DE FRACTURAS PRESENTE Y FUTURO



Hens Barrilero, Carmen; Sánchez Lite, Israel; Andrés García, Nuria; Torres Cabrera, Ricardo; Andrés Rodríguez, Carlos; Agulla Otero, Manuel

### 1. INTRODUCCIÓN

**FRACTURAS**  
La radiografía resulta fundamental para el diagnóstico.

**INFRADIAGNÓSTICO**  
Es notable el gran número de fracturas que hoy en día no son diagnosticadas.

¿SOLUCIÓN?

**OBJETIVO DE ESTE TRABAJO:** estudio de la TC de Baja Dosis en el diagnóstico de fracturas.

### 2. MATERIALES Y METODOS

Estudio de validez diagnóstica en el servicio de Radiodiagnóstico del Hospital Clínico Universitario de Valladolid.

Ha sido realizado a cada paciente

Radiografía convencional

TC Baja Dosis

Sospechas de fracturas en Urgencias

Patologías previamente diagnosticadas, traumáticas y ortopédicas.

32 PACIENTES

### 3. RESULTADOS

Considerando la RX como prueba de referencia, la TCBD obtiene:

- Sensibilidad.....82,61%
- Especificidad.....77,78%
- VPP.....90,48%
- VPN.....63,66%

Con respecto a su capacidad diagnóstica

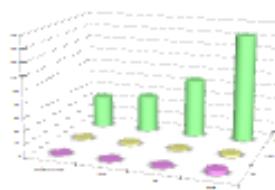


GRÁFICO 1. Comparación de dosis de radiación en µSv para TC, RX y TCBD en regiones que reciben menos radiación

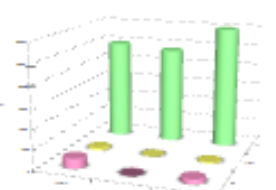


GRÁFICO 2. Comparación de dosis de radiación en µSv para TC, RX y TCBD en regiones que reciben más radiación

Cambios en la actitud terapéutica

90,3%

No cambios en la actitud terapéutica

Cambios en actitud terapéutica

Estado	Nº	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje absoluto	Porcentaje acumulado
C	29	90,3	90,3	90,3	90,3
Total	32	100,0	100,0	100,0	100,0
Positiva	31	96,9	96,9	96,9	96,9
Total	32	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabla 1.

RX	TCBD
CONFIRMADA	CONFIRMADA
29	2
21	7

Tabla 2.



Imagen 1

### 4. CONCLUSIONES

DIAGNÓSTICO

La TCBD es una técnica diagnóstica útil para la detección de fracturas con una gran sensibilidad y especificidad.

RADIACIÓN

La radiación no supone un inconveniente, pues la TCBD emplea dosis de radiación equiparables a la RX y significativamente menores al TC convencional.

FUTURO

Posible empleo de la TCBD en otras patologías, como la patología ortopédica.