

Valoración de calidad de imagen y dosis en exámenes de tomografía computarizada helicoidal de abdomen y de pelvis en pacientes con linfoma

Begoña García-Castaño^a • Ricardo Rodríguez^{b,c} • Alfonso Calzado^b • Ángel Arenas^{b,d} • Alfredo Cuevas^e • Nieves Gómez^f
• Agustín Turrero^g • Luz María Morán^h • Pilar Morán^b

^aServicio de Radiodiagnóstico. Hospital de Móstoles. Móstoles. Madrid.

^bDepartamento de Radiología y MF. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.

^cServicio de Radiodiagnóstico. Hospital Cíncico San Carlos. Madrid.

^dServicio de Radiodiagnóstico. Hospital 12 de Octubre. Madrid.

^eServicio de Radiodiagnóstico. Hospital del Aire. Madrid.

^fServicio de Radiodiagnóstico. Hospital La Paz. Madrid.

^gDepartamento de Estadística e IO. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.

^hServicio de Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Gregorio Marañón. Madrid. España.

Objetivo: Valorar la calidad de los exámenes de tomografía computarizada (TC) de abdomen y de pelvis para la indicación de linfoma, de acuerdo con los criterios propuestos en la Guía de la Comisión Europea (CE).

Material y métodos: Los criterios se evaluaron en una muestra de 100 pacientes, procedentes de cinco hospitales públicos de la Comunidad de Madrid, estudiados mediante TC helicoidal de corte único. Cinco radiólogos, uno de cada centro participante en el estudio, evaluaron de forma independiente el cumplimiento de los criterios de imagen en los exámenes seleccionados. Se ha definido el índice de calidad de imagen (ICI) para el examen completo de abdomen y pelvis. En paralelo se efectuaron medición de las dosis para estimar los valores del índice de dosis en TC (IDTC), producto de dosis por longitud (PDL) y dosis efectiva (E).

Resultados: Se ha encontrado un alto cumplimiento de los criterios de imagen individual en el abdomen. En la pelvis el cumplimiento ha sido menor, especialmente para tres criterios. El ICI por centro se encuentra entre el 83 y el 92%, con grados variables de desviación interna. Los valores medios de IDTC_w por centro estuvieron entre 16 y 23 mGy; los de PDL entre 430 y 750 mGy/cm, y la dosis efectiva entre 7 y 12 mSv. En general, no se ha encontrado correlación entre el ICI y la dosis al paciente (PDL) en la totalidad de la muestra ($r = 0,04$) ni por centros ($r \leq 0,36$).

Conclusiones: Se ha confirmado la utilidad de los criterios de calidad de la CE. Se ha elaborado una lista única de criterios de calidad de imagen y sugerimos niveles de dosis de referencia para exámenes de TC de abdomen-pelvis en pacientes con linfoma.

Palabras clave: TC helicoidal. Abdomen-pelvis. Dosis de radiación. Calidad de imagen. Criterios de calidad.

Correspondencia:

BEGOÑA GARCÍA-CASTAÑO. Servicio de Radiodiagnóstico. Hospital de Móstoles. Río Júcar, s/n. 28935 Móstoles. Madrid. bgarcia.html@salud.madrid.org

Este trabajo está subvencionado por el Fondo de Investigaciones Sanitarias (Proyecto de Investigación 01/0905).

Recibido: 22-IV-2004

Aceptado: 17-III-2005

Evaluation of Image Quality and Dose in Abdominal and Pelvic Helical CT in Patients with Lymphoma

Objective: The aim of this study is to evaluate the quality of pelvic and abdominal CT images performed for lymphoma according to the criteria proposed in the European Commission Guidelines on radiation imaging. (En castellano dice: la Guia de la Comisión Europea. Lo que pasa es que hay muchas guías publicadas por la Comisión: aseguranse que sea esta la citada)

Material and methods: The criteria were evaluated in a sample of 100 patients attended at five public hospitals in the Autonomous Community of Madrid. All patients underwent single-slice helical CT studies. Fulfillment of the imaging criteria in the selected images was evaluated by five radiologists, one from each center, working independently. The Index of Image Quality (IIQ) was determined for the complete abdominal and pelvic examination. The dose was also measured to estimate the values of the CT Dose Index (CTDIw), Dose by Length Product (DLP), and effective dose (E).

Results: A high rate of fulfillment of the criteria was found for individual abdominal images. In the pelvis, the rate of fulfillment was lower, especially for three criteria. The IIQ for each center was between 83%-92%, with variable degrees of internal deviation. The mean values of CTDIw per center were between 16-23 mGy; DLP values were between 430 and 750 mGy cm, and the effective dose was 7-12 mSv. In general, no correlation was found between IIQ and dose per patient, either for the entire sample ($r = 0.04$) or by centers ($r \leq 0.36$).

Conclusions: The utility of the European Union's Quality Criteria was confirmed. We have elaborated a single list of criteria of image quality and suggest reference dosage levels for abdominal-pelvic CT examinations in patients with lymphoma.

Key words: helical CT, abdomen-pelvis, radiation dose, image quality, quality criteria.

La tomografía computarizada (TC) es una de las técnicas diagnósticas más utilizadas y de uso progresivamente creciente en los pacientes oncológicos^{1,2}. La exposición a la radiación a la que se someten los pacientes jóvenes con tumores malignos potencialmente curables, en relación con su diagnóstico y seguimiento, es una preocupación cada vez más extendida³.

Para evitar los efectos secundarios derivados del efecto acumulativo de las radiaciones ionizantes, de exámenes repetidos de TC en el seguimiento de la respuesta al tratamiento y de la evolución de este tipo de pacientes⁴, se han sugerido técnicas alternativas tales como la ecografía y la resonancia magnética (RM). Todo esto es especialmente cierto en el linfoma, uno de los cinco tumores malignos más frecuentes⁵, cuya incidencia ha aumentado en los últimos años⁶. Por otro lado, el linfoma es una indicación típica de TC de abdomen y pelvis.

Con el fin de establecer un marco operacional, en el cual los parámetros técnicos se consideren en relación con la calidad de imagen y la dosis de radiación, un grupo de expertos de la Comisión Europea (CE) elaboró una guía de criterios de calidad para TC⁷. La utilidad de este marco de trabajo, para una auditoría detallada de la práctica de la TC, ha sido confirmada en dos trabajos para algunas indicaciones^{8,9}.

La finalidad del presente trabajo de investigación es valorar la calidad de los exámenes de TC en pacientes con linfoma, de acuerdo con los criterios propuestos en la Guía Europea para abdomen general y pelvis general, e investigar la utilidad de los criterios de calidad utilizados.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se ha llevado a cabo con cinco equipos de TC helicoidal de corte único, de fabricantes y modelos diferentes, distribuidos en cinco hospitales públicos de la Comunidad de Madrid (tabla 1). Una encuesta previa en los centros sobre las indicaciones y los protocolos estándar de examen nos permitió seleccionar la indicación de linfoma, como una de las cinco más frecuentes entre los estudios de TC de abdomen y de pelvis, a la vez que nos proporcionó información sobre los parámetros técnicos estándar usados en este tipo de examen.

Para evaluar los criterios de calidad de la Guía Europea, en cada centro se seleccionaron 20 exámenes consecutivos para dicha indicación, tanto para abdomen como para pelvis, hasta completar un total de 100 exámenes, realizados en pacientes adultos de tamaño medio (talla: 160-180 cm; peso: 60-80 kg).

La mayoría de los exámenes de TC también incluía el tórax; sin embargo, se seleccionaron solamente las imágenes abdominales desde la porción inferior del tórax hasta la bifurcación aórtica y las imágenes de pelvis extendiéndose desde aquí al suelo pélvico, de acuerdo con las directrices de la Guía Europea para exámenes de TC de abdomen general y pelvis general⁷. Para el proceso de evaluación de imágenes clínicas el soporte elegido ha sido en placa radiográfica, a fin de que todos los observadores valoraran las mismas imágenes.

Protocolos

Todos los exámenes se programaron comenzando con una radiografía de planificación o topograma, que fue la misma para el abdomen y para la pelvis, tras la cual los exámenes se realizaron con adquisición helicoidal, con corte único, sin angulación del *gantry*, con el campo de visión (FOV) ajustado al tamaño del paciente y con la utilización de contraste intravenoso (i.v.) excepto en el centro 5, donde no se utilizó contraste en nueve pacientes. Se administró 100-150 ml de volumen de contraste no iónico de baja osmolaridad (300 mg/ml), mediante bomba de inyección, con una tasa de dosis de 2,5-3 ml/s. Los exámenes tuvieron dos secuencias separadas, una para el abdomen y otra para la pelvis. Las adquisiciones del abdomen fueron realizadas con un retraso de 60-65 s después de la administración del contraste. La adquisición de la pelvis fue realizada a los 90-95 s tras la inyección de contraste en todos los hospitales, excepto en el centro 3, donde se adquirió después de un intervalo de aproximadamente 180 s. La tabla 2 muestra los valores típicos de los parámetros utilizados —voltaje del tubo (kVp), corriente del tubo (mA), tiempo de rotación (s), longitud de estudio (cm), colimación (mm), desplazamiento de mesa por rotación (mm) e intervalo de reconstrucción (mm)— seleccionados en cada hospital. Algunos procedimientos individuales difirieron de los de la tabla 2: en el centro 5, en cinco casos, para la adquisición del abdomen utilizaron un voltaje de tubo de 120kVp en combinación con una colimación de 5 mm; mientras que en el centro 1, en cuatro casos, para la adquisición en la pelvis se utilizaron valores de *pitch* de 1 o 1,2, y en el centro 2, en cinco pacientes, se seleccionaron valores de corriente del tubo en el rango de 225-250 mA. El amplio rango de los valores de corriente del tubo (150-300 mA) encontrado en el centro 3 estuvo en relación, principalmente, con el uso de un sistema de modulación de la intensidad del haz, disponible en el equipo de este centro. La reconstrucción de la imagen se llevó a cabo mediante un algoritmo estándar de interpolación lineal de 180° en todos los centros. Las imágenes se archivaron en cada centro en matriz de 512 × 512, excepto en el centro 5, que fue en matriz de 256 × 256.

Evaluación de los criterios de imagen clínica

Para la evaluación de la calidad de la imagen clínica se analizaron los criterios de imagen para abdomen y para pelvis, cada una por separado, tal y como viene referido en el apartado del examen de abdomen general y de pelvis general en la Guía Europea (tablas 3 y 4, respectivamente). El cumplimiento de los criterios de calidad de imagen se siguieron por cinco radiólogos con amplia experiencia en TC, uno de cada hospital participante en el estudio.

TABLA 1
MARCA, MODELO Y FECHA DE INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA

	<i>Centro</i>				
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Equipo	Philips Tomoscan AV	Philips Tomoscan SR 7000	General Electric Hi-Speed LX/i	Toshiba Xpress GX	Siemens Somaton Plus
Fecha de instalación	1999	1996	1999	1998	1998

TABLA 2

PROTOCOLOS DE ESTUDIO POR CENTRO PARA LOS EXÁMENES DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE ABDOMEN Y DE PELVIS

	<i>Centro</i>				
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Tensión (kVp)	120	120	120	120	140
<i>I</i> (mA)	250	200	150-300	220	170
<i>t</i> (s)	1	1	1	1	0,75
Colimación/desplazamiento mesa/intervalo recons. (mm)	10/15/8	10/10/10	10/15/10	10/15/10	8/12/6
Extensión media (cm)	22 + 21	22 + 20,5	22 + 21	22 + 19	22,5 + 18

En la última fila están indicadas la extensión media en abdomen y pelvis, respectivamente.

Previamente, se realizó una evaluación conjunta con cinco exámenes de referencia para acordar la forma en que se iban a analizar los criterios anatómicos de los exámenes y aunar criterios de valoración, como resultado de ello se acordó que el criterio 1.2.11 del abdomen, se cumpliría si se veían al menos tres ramas viscerales en su salida de la aorta abdominal y el criterio 1.2.13 si se visualizaban las venas renales.

TABLA 3

LISTA DE CRITERIOS DE IMAGEN Y VALORES DE REFERENCIA DE DOSIS DE RADIACIÓN PARA LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE ABDOMEN GENERAL

- 1.1 Visualización de:
 - 1.1.1 El diafragma
 - 1.1.2 Todo el hígado y el bazo
 - 1.1.3 Los órganos retroperitoneales (páncreas y riñones)
 - 1.1.4 La aorta abdominal y la porción proximal de ilíacas comunes
 - 1.1.5 La pared abdominal incluyendo todas las hernias
 - 1.1.6 Los vasos después de la administración de contraste intravenoso
- 1.2 Reproducción crítica de:
 - 1.2.1 Reproducción visualmente nítida del parénquima hepático y de los vasos intrahepáticos
 - 1.2.2 Reproducción visualmente nítida del parénquima esplénico
 - 1.2.3 Reproducción visualmente nítida del intestino
 - 1.2.4 Reproducción visualmente nítida del espacio retroperitoneal perivasculares
 - 1.2.5 Reproducción visualmente nítida de los contornos pancreáticos
 - 1.2.6 Reproducción visualmente nítida del duodeno
 - 1.2.7 Reproducción visualmente nítida de los riñones y los uréteres proximales
 - 1.2.8 Reproducción visualmente nítida de la aorta
 - 1.2.9 Reproducción visualmente nítida de la bifurcación aórtica y de las ilíacas comunes
 - 1.2.10 Reproducción de los ganglios linfáticos con un diámetro inferior a 15 mm
 - 1.2.11 Reproducción de las ramas de la aorta abdominal
 - 1.2.12 Reproducción de la vena cava
 - 1.2.13 Reproducción de las tributarias de la vena cava, en particular las venas renales
- 2. Criterios de dosis de radiación para el paciente en el examen de abdomen general
 - 2.1 IDTC_w: 35 mGy
 - 2.2 PDL: 780 mGy/cm

Para evaluar el cumplimiento de los criterios de imagen, todas las imágenes seleccionadas se grabaron en placa radiográfica con los niveles de ventana (WL. 30-60 UH) y de anchura de ventana (WW. 150-600 UH) recomendados, sin quitar ninguna información de ésta. Después de la aleatorización de los exámenes de cada centro, los estudios de las imágenes de abdomen y pelvis se guardaron de forma separada y se leyeron independientemente por los observadores. Este proceso, que incluyó la aleatorización, se repitió después de tres meses, aproximadamente. Los observadores evaluaron los criterios con escala dicotómica, tal y como se recomienda en la Guía Europea, y asignaron a cada criterio un «sí», un «no» o un «no aplicable» (N/A), según si el radiólogo consideraba que un criterio se cumplía, no se cumplía, o no se podía evaluar por causa de patología que impidiera su valoración o por ausencia por cirugía. En el caso de pacientes sin y con contraste, para la evaluación de los criterios de calidad se consideraron las dos secuencias por separado, aunque se asignó como valoración final para cada criterio la mejor de ambas se-

TABLA 4

LISTA DE CRITERIOS DE IMAGEN Y VALORES DE REFERENCIA DE DOSIS DE RADIACIÓN PARA LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE PELVIS GENERAL

- 1.1 Visualización de:
 - 1.1.1 Los huesos ilíacos completos
 - 1.1.2 El hueso isquiático completo
 - 1.1.3 La sínfisis del pubis íntegra
 - 1.1.4 La vejiga urinaria completa
 - 1.1.5 Los músculos pélvicos
 - 1.1.6 Los vasos después de administración de contraste i.v
- 1.2 Reproducción crítica de:
 - 1.2.1 Reproducción visualmente nítida de la pared de la vejiga
 - 1.2.2 Reproducción de la porción distal de los uréteres
 - 1.2.3 Reproducción visualmente nítida del recto
 - 1.2.4 Diferenciación visualmente nítida del espacio perirectal
 - 1.2.5 Reproducción visualmente nítida del útero
 - 1.2.6 Reproducción visualmente nítida de los parametros o las vesículas seminales
 - 1.2.7 Reproducción visualmente nítida de la próstata
- 2. Criterios de dosis de radiación para el paciente en el examen de pelvis general
 - 2.1 IDTC_w: 35 mGy
 - 2.2 PDL: 570 mGy/cm

cuencias. Una vez completado el proceso de evaluación, se cuantificaron las respuestas del siguiente modo: al «sí» se le adjudicó un valor de uno, al «no» el valor de cero y los N/A no se contabilizaron. El negatoscopio y las condiciones de visualización de las imágenes fueron las mismas para todos los evaluadores y durante todo el proceso.

Una vez finalizada la doble lectura de las imágenes, se llevó a cabo un análisis de la concordancia intraobservador, para ambas lecturas de abdomen y pelvis juntas, mediante el test de McNemar y el factor kappa de Cohen¹⁰ a cada observador. Este análisis permitió seleccionar los observadores sin diferencias significativas entre la primera y la segunda lectura. Las puntuaciones se seleccionaron cuando tuvieron tanto un valor de $p \geq 0,05$ como un valor kappa aceptable ($> 0,6$). A continuación, se calculó el «cumplimiento de cada criterio de imagen individual» para cada examen, como la media de las contestaciones suministrada por los observadores seleccionados, y se asignó igual peso a cada observador. También se calculó el «índice de calidad de imagen» para cada examen, como la media ponderada del cumplimiento de todos los criterios de abdomen y pelvis. Las puntuaciones asignadas al criterio 1.2.10 para exámenes de abdomen se excluyeron para este cálculo debido a que el grupo de radiólogos estableció que los ganglios linfáticos son estructuras que pueden no estar presentes en todos los pacientes.

Para estudiar la variación interobservador por centro, se aplicó el test de Friedman¹⁰. Cuando se obtuvo un valor de $p \leq 0,05$ por centro, se analizó la causa de la significación estadística y si se encontró un sesgo debido a una asociación observador/centro, las puntuaciones de este observador se desestimaron. Entonces, los valores de ambas variables «cumplimiento de criterios individuales» y el «índice de calidad de imagen» se evaluaron con los restantes lectores, y se llevó a cabo un análisis estadístico por centro. Para el estudio de potenciales diferencias estadísticas significativas entre centros, para estas variables, aplicamos el test de Kruskal-Wallis, para un valor de $p = 0,05^{10}$.

Evaluación de dosis

Las medidas dosimétricas se realizaron en cada equipo para obtener los datos que permitieran estimar los valores de las magnitudes dosimétricas específicas en TC⁷. Las medidas libres en aire y en un maniquí que simula el cuerpo¹¹ se realizaron con una cámara de ionización de 10 cm de longitud (Victoreen modelo 6000-100; Cleveland, OH, USA) y un electrómetro asociado (Victoreen modelo 4000M+). Los valores de las magnitudes de dosis, el índice de dosis ponderado en TC (IDTC_w) y el producto dosis longitud (PDL) se realizaron de acuerdo con la Guía de la Comisión Europea⁷. Los valores de todas estas magnitudes se expresaron como dosis aire.

Las estimaciones de dosis efectivas (E) para pacientes individuales, como ha sido propuesto por la ICRP¹², se efectuaron mediante los factores de los coeficientes de conversión de dosis órgano. Para calcular la dosis equivalente media en órgano para cada paciente, se utilizaron los valores de los parámetros de scan, el IDTC_{aire} expresado como dosis músculo, los coeficientes de conversión de Monte Carlo NRPB-SR250¹³ o los recomendados por el ImPaCT¹⁴.

Para establecer las posibles diferencias significativas entre centros de los valores de las variables numéricas relacionadas con la dosis, los datos de IDTC_w, PDL y E, se utilizó el test de Kruskal-Wallis, seguido por un análisis a posteriori con el test de Tukey. El nivel de significación se fijó para un valor de $p = 0,05$.

Correlación calidad de imagen y dosis de radiación

El coeficiente Spearman (r_s) entre la puntuación de la calidad de imagen y el PDL se calculó para estimar la correlación calidad de imagen/dosis de radiación, de los exámenes de abdomen y pelvis de forma conjunta. La significación del coeficiente de correlación para toda la muestra ($n = 100$) se alcanzaría para $r_s \geq 0,195$ ($p \leq 0,05$) y para cada centro ($n = 20$) con $r_s \geq 0,423$ ($p \leq 0,05$).

El análisis estadístico se realizó por medio del programa estadístico Systat 10.0 (SPSS Inc., Chicago IL., USA).

RESULTADOS

Selección de evaluaciones

Los resultados de la aplicación estadística del test de McNemar y del factor kappa de Cohen a los observadores se muestran en la tabla 5. El número asignado a cada observador equivale al de su propio centro.

De acuerdo con los resultados, las evaluaciones de los observadores 1, 3 y 4 se seleccionaron inicialmente ya que su valor de p fue $\geq 0,05$. Por otro lado, las evaluaciones del observador 2 fueron también seleccionadas en un primer momento debido a que su índice kappa fue 0,66 y su valor de $p = 0,04$, muy próximo al límite, y las evaluaciones del observador 5 fueron directamente desestimadas. La aplicación posterior del test de Friedman (tabla 6) mostró diferencias significativas entre el observador 2 y el resto, para todos los centros. La suma de las puntuaciones obtenidas para los observadores seleccionados, ya fuera para cada centro o para la totalidad de la muestra de los exámenes (última columna), mostró una baja puntuación del observador 2 comparado con los otros observadores en todos los centros excepto en el suyo, donde se observa una tendencia inversa. Para eliminar este sesgo de confusión, las evaluaciones del observador 2 fueron desestimadas, y las puntuaciones de los

TABLA 5

VALORES DEL TEST ESTADÍSTICO DE MCNEMAR CON SU VALOR DE P, FACTOR KAPPA CON EL ERROR ESTÁNDAR ASINTÓTICO ENTRE PARÉNTESIS, TRAS DOBLE LECTURA, PARA CADA OBSERVADOR

	<i>Observador 1</i>	<i>Observador 2</i>	<i>Observador 3</i>	<i>Observador 4</i>	<i>Observador 5</i>
Test estadístico McNemar	2,96 p = 0,09	4,27 p = 0,04	2,59 p = 0,11	3,95 p = 0,05	41,7 p < 0,005
κ de Cohen	0,76 (0,017)	0,66 (0,018)	0,66 (0,020)	0,76 (0,019)	0,33 (0,027)

TABLA 6
TEST DE FRIEDMAN Y SUMA DE RANGOS POR CENTROS Y PARA LA TOTALIDAD DE LA MUESTRA

	<i>Centros</i>					<i>Totalidad de la muestra</i>
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	
<i>Análisis de las lecturas de los observadores 1, 2, 3 y 4</i>						
Test estadístico de Friedman	27,2 <i>p < 0,005</i>	16,4 <i>p < 0,005</i>	41,4 <i>p < 0,005</i>	22,0 <i>p < 0,005</i>	21,6 <i>p < 0,005</i>	79,0 <i>p < 0,005</i>
<i>Suma de rangos</i>						
Observador 1	57,0	31,5	35,0	40,0	65,5	229
Observador 2	24,5	49,5	29,5	33,5	28,5	165,5
Observador 3	55,0	56,5	75,0	61,0	53,0	300,5
Observador 4	63,5	63,0	60,5	65,5	53,0	305,5
<i>Análisis excluyendo las lecturas del observador 2</i>						
Test estadístico de Friedman	1,9 <i>p = 0,39</i>	17,1 <i>p < 0,005</i>	25,9 <i>p < 0,005</i>	5,9 <i>p = 0,05</i>	4,23 <i>p = 0,12</i>	23,4 <i>p < 0,005</i>
<i>Suma de rangos</i>						
Observador 1	38,0	25,5	23,0	27,0	47,5	160,5
Observador 3	37,0	46,0	55,0	44,0	36,5	219
Observador 4	45,0	49,0	42,0	48,5	36,0	220,5

otros tres radiólogos seleccionados, 1, 3 y 4, se utilizaron definitivamente para el seguimiento del cumplimiento de los criterios individuales y de la calidad de imagen.

Una aplicación posterior del test de Friedman a estos observadores mostró los valores del test estadístico y la suma de rangos obtenidos, que están resumidos en la tabla 6. Aún permanecieron diferencias significativas en los centros 2 y 3. En el centro 2, las diferencias fueron significativas para el observador 1, mientras que en el centro 3, aunque en la suma de rangos la más alta fue la del observador local, tales diferencias fueron significativas entre los tres observadores, por lo que se consideró que no introducían ningún tipo de sesgo en el análisis.

Criterios de imagen

Abdomen

Por lo que respecta al abdomen, 10 de los 18 criterios se cumplen prácticamente el 100% de los casos; de los ocho criterios restantes, el cumplimiento se encuentra entre un 76 y un 95%, considerando la totalidad de los exámenes, y si se analiza por centros, los valores medios de cumplimiento se encuentran entre un 63 y un 100%. Para el criterio 1.2.10, «reproducción crítica de los ganglios linfáticos con un diámetro inferior a 15 mm», las tasas de cumplimiento por centro estuvieron entre el 77 y el 92%, y no se computó el criterio a efectos de calidad de imagen, tal y como se ha comentado en metodología.

En la tabla 7 se reflejan los criterios con diferencias estadísticamente significativas en cuanto a los promedios de cumplimiento en cada centro. La tasa de cumplimiento medio para cada criterio en la totalidad de la muestra también se ha incluido en la última columna. Se han encontrado diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el centro 2 y el resto para el cumplimiento del criterio 1.1.5 y entre el centro 1 y el resto para el cumplimiento del criterio 1.1.6.

En cuanto a los criterios de reproducción crítica, hubo diferencias significativas en el cumplimiento de los criterios 1.2.1,

1.2.7, 1.2.11 y 1.2.13 entre el centro 5 y el resto; mientras que para el cumplimiento de los criterios 1.2.3 y 1.2.6 había diferencias significativas entre el centro 1 y el resto. Por otro lado, había diferencias significativas entre el centro 3 y el resto para el cumplimiento del criterio 1.2.10.

Pelvis

Para la pelvis, sólo dos criterios de imagen —1.2.3 y 1.2.4—, del total de los 13, se cumplieron en el 100% de los casos. La tabla 8 muestra la tasa de cumplimiento medio para los otros criterios para cada centro con las tasas de cumplimiento medio total. El cumplimiento medio por centros estuvo entre un 1 y un 100%, mientras que el cumplimiento medio en la totalidad de la muestra estuvo entre un 17 y un 97%.

TABLA 7
PUNTUACIÓN FINAL EN PORCENTAJE DEL CUMPLIMIENTO DE LOS CRITERIOS DE IMAGEN, CON DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE CENTROS, PARA LOS EXÁMENES DE ABDOMEN. EL RESTO DE LOS CRITERIOS SE CUMPLIERON EN EL 100% EN TODOS LOS CENTROS

<i>Criteria</i>	<i>Centros</i>					<i>Muestra total</i>
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	
1.1.5	88	83	98	98	94	92
1.1.6	89	95	95	100	98	95
1.2.1	90	87	95	98	73	89
1.2.3	98	88	91	88	92	91
1.2.6	100	91	91	91	93	93
1.2.7	98	99	97	99	88	95
1.2.10 ^a	92	85	77	90	87	86
1.2.11	81	75	86	75	63	76
1.2.13	97	100	99	99	80	95

^aNo computado en el cumplimiento de calidad de imagen.

Los detalles más importantes en relación con los datos de la tabla 8 son: *a)* algunos criterios se cumplieron en un porcentaje importante en todos los centros (los criterios 1.1.1, 1.1.4 y 1.2.7 para los cuales se encontraron diferencias significativas entre el centro 5 y el resto, y los criterios 1.1.6 y 1.2.1, con diferencias significativas entre el centro 5 y el resto); *b)* hay otro grupo en el que se incluyen los criterios 1.2.5 y 1.2.6 con un alto o muy alto grado de cumplimiento (79-91%) pero sin mostrar diferencias significativas entre los centros; *c)* se encontraron grandes diferencias en el cumplimiento entre centros para los criterios 1.1.3 y 1.2.2, y *d)* el rango más bajo de cumplimiento medio por centros (1-29%) se obtuvo para el criterio 1.1.2, con diferencias significativas entre dos grupos: uno incluyó a los centros 1, 2 y 3, y el otro a los centros 4 y 5.

La distribución relativa de varones (47%) y mujeres (53%) dentro de la muestra estuvo equilibrado. Sin embargo, el criterio 1.2.6 «reproducción visualmente nítida del tejido parametrial o vesículas seminales» se cumplió con una media diferente entre sexos: 68% para mujeres y 90% para varones (similar entre centros; rango varones, 86-95% y mujeres 60-74%).

TABLA 8

PUNTUACIÓN FINAL EN PORCENTAJE DE LOS CRITERIOS DE IMAGEN PARA LOS EXÁMENES DE PELVIS, CON DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE CENTROS. EL RESTO DE LOS CRITERIOS SE CUMPLIERON EN EL 100% EN TODOS LOS CENTROS

Criterio	Centros					Muestra total
	1	2	3	4	5	
1.1.1	100	100	98	100	89	97
1.1.2	23	27	29	1	3	17
1.1.3	92	78	70	7	20	53
1.1.4	96	92	98	94	78	92
1.1.5	76	63	93	81	95	82
1.1.6	89	85	74	94	96	88
1.2.1	88	90	97	85	90	90
1.2.2	35	43	88	10	22	40
1.2.5	91	88	89	77	85	86
1.2.6	84	85	81	71	74	79
1.2.7	99	97	98	92	84	94

Abdomen-pelvis

El porcentaje medio de calidad de imagen por centro para los exámenes de abdomen y pelvis juntos (tabla 9) estuvo entre un 83 y un 92%. En cuanto a la variabilidad dentro de cada centro, la distribución de estos valores (por centros) se observa en la figura 1. Se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en calidad de imagen entre dos grupos, uno que incluye a los centros 1 y 3 y otro a los centros 4 y 5. El centro 2 mostró diferencias significativas en relación con el resto, excepto con el centro 1.

Dosis de radiación al paciente

Los valores medios por centros de las distintas magnitudes de dosis calculadas, en los exámenes de abdomen y pelvis, se reflejan en la tabla 9. Para el PDL y E, las figuras entre paréntesis indican los valores separados de estas variables para abdomen y pelvis, respectivamente.

Los valores medios del IDTC_w muestran pequeñas diferencias entre centros (rango: 16-23 mGy) que fueron estadísticamente significativas ($p \leq 0,02$) entre todos los centros, excepto entre los centros 1 y 4, y para el centro 2 en relación con los centros 4 y 5, respectivamente. Los valores medios por centros para PDL y E se computaron para el examen completo. Los valores medios de PDL por centro fueron 430-750 mGy/cm, mientras que la dosis media efectiva por centro se colocó entre 7 y 12 mSv. Para los valores de PDL se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre todos los centros ($p \leq 0,002$), excepto para el centro 1 con relación al centro 3.

La distribución de valores de PDL por centro se muestra en la figura 2.

En cuanto a las magnitudes que expresan el riesgo asociado, el rango de E para exámenes individuales se encuentra entre 4,5 y 16 mSv. Los valores más altos de dosis órgano estuvieron entre 19 y 26 mSv, que correspondieron a varios órganos directamente expuestos, tales como riñón, bazo, estómago, vesícula, útero, colon, hígado y vejiga urinaria. En cuanto a las dosis en gónadas, la dosis estimada mínima al ovario en la muestra fue de 8 mSv, mientras que el máximo fue 25 mSv, y ésta fue considerablemente más alta que la estimación correspondiente para testículo (0,5-4 mSv).

TABLA 9

ÍNDICE DE CALIDAD DE IMAGEN, VALORES DE DOSIS Y FACTORES DE CORRELACIÓN PARA LOS EXÁMENES DE ABDOMEN-PELVIS, POR CENTRO

	Centros				
	1	2	3	4	5
Calidad de imagen (%)	91	87	92	85	83
IDTC _w (mGy)	20	18	23	20	16
PDL (mGy/cm)	610 (310 + 300)	750 (375 + 375)	650 (325 + 325)	550 (295 + 255)	430 (243 + 187)
E (mSv)	9 (4,5 + 4,5)	12	9	10	7
Coeficiente de correlación	-0,06	0,13	0,36	-0,10	0,19

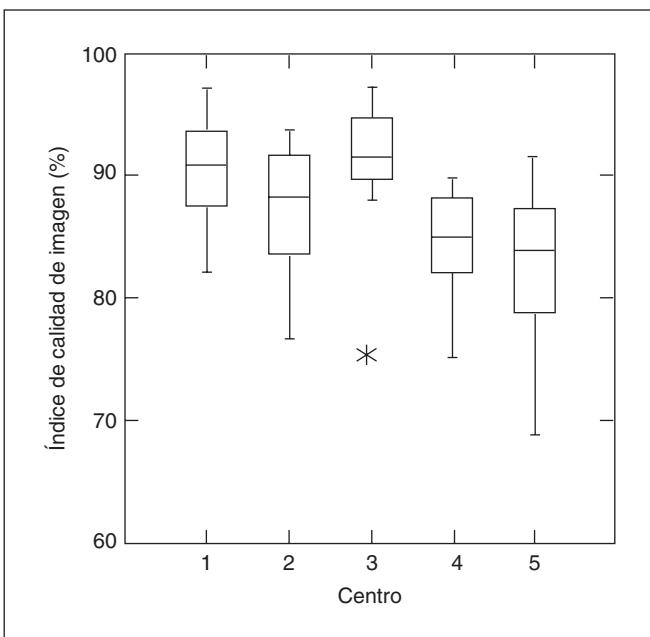


Fig. 1.—Puntuación de la calidad de imagen en cada centro. Las cajas representan el rango intercuartil y la mediana; las líneas verticales se extienden a los valores máximos y mínimos, excluyendo los valores atípicos (*) que representan casos que tienen valores de más que 1,5 la longitud de la caja en el tercer cuartil.

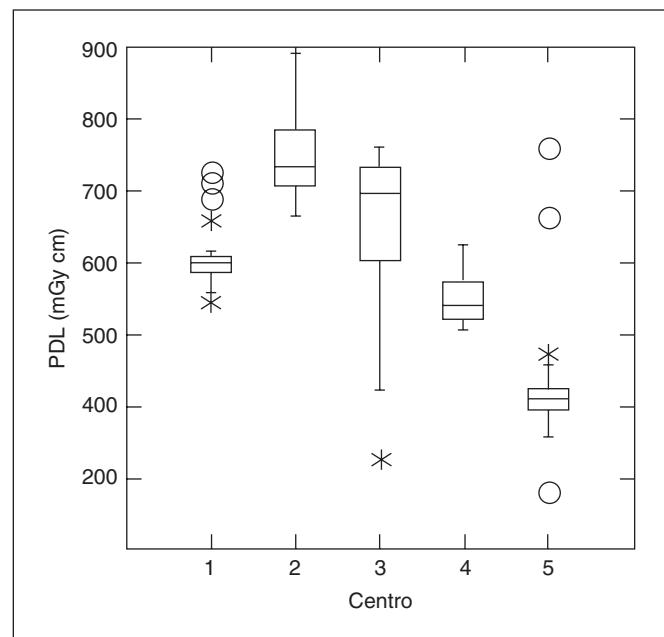


Fig. 2.—Producto dosis-longitud para cada centro. Las cajas representan el rango intercuartil y la mediana; las líneas verticales se extienden a los valores máximos y mínimos, excluyendo los valores atípicos (*) que representan casos con valores de más de 1,5 la longitud de la caja en el tercero cuartil y valores extremos (○) que representan casos que tienen valores superiores a tres veces la longitud de la caja en el tercero cuartil.

Correlación calidad de imagen/dosis

No se ha demostrado correlación entre la calidad de la imagen y la dosis, y el valor del coeficiente de Spearman para la totalidad de la muestra fue de $r_s = 0,04$. Los valores del coeficiente de correlación entre la puntuación de calidad de imagen y PDL para cada centro se muestran en la última fila de la tabla 9. El valor más alto fue el correspondiente al centro 3 ($r_s = 0,36$; $p > 0,10$), mientras que para el resto de los centros estos valores estuvieron próximos a 0.

DISCUSIÓN

Protocolos

Los valores de los parámetros utilizados para la realización de los exámenes de la muestra se ajustan bastante bien a los protocolos estándar, recogidos en cada centro antes de comenzar el estudio, tanto para el estudio del abdomen como para el de la pelvis, excepto en los centros 2 y 3, donde se ha encontrado alguna variabilidad entre los pacientes, debido a la selección de valores más altos de la corriente del tubo que los estándar para cinco pacientes y el uso de un sistema de modulación del haz, respectivamente.

La necesidad de un protocolo como una tarea básica en la práctica diaria de la TC es muy importante, pero también es crucial establecer parámetros apropiados para asegurar la calidad de la imagen con la menor dosis posible. No es fácil comparar protocolos de diferentes equipos, marcas y modelos debido a que algunos de los factores que influyen en la calidad de la imagen y en la dosis son dependientes del diseño del sistema, tanto que la búsqueda de unos parámetros adecuados para la indicación de linfoma deberían ser, en cierta manera, específicos del escáner.

Una aproximación racional puede partir desde el seguimiento objetivo de la calidad de imagen con las medidas realizadas en maniquíes, bajó las condiciones de estudio seguidas en cada centro.

Criterios de imagen

El cumplimiento medio de los criterios individuales de imagen por centro para el abdomen fue alto, con un rango entre un 63 y un 100%. Los valores medios de cumplimiento estuvieron por encima del 85% en todos los centros para 15 de los criterios de un total de 18 criterios estudiados. Por lo tanto, la calidad de imagen se puede considerar en términos generales como buena. En lo concerniente a las imágenes pélvicas, sólo dos criterios se cumplieron en todos los casos, y los restantes criterios se cumplieron de forma desigual entre un 1 y un 100%.

Se han analizado las causas más relevantes para el fracaso del cumplimiento de los criterios de visualización y de reproducción crítica, tanto para el abdomen como para la pelvis.

Para el abdomen, los criterios 1.1.5 y 1.1.6 fueron los únicos criterios de visualización que no se cumplieron en todos los casos. Así, se vio que el criterio 1.1.5 requiere para su cumplimiento que la selección del campo de visión se adapte al diámetro más grande del abdomen, lo que permite la visualización de todo el perímetro de la pared abdominal, incluyendo la piel. En nuestro estudio, si este criterio no se cumplió fue porque el campo de visión (FOV; *field of view*) fue demasiado pequeño o el paciente no estuvo adecuadamente centrado. En cuanto al criterio 1.1.6 el cumplimiento diferente en el centro 1 podía estar en relación con una inadecuada temporización del estudio, el tiempo entre la inyección del contraste intravenoso y la adquisición de los datos de las imágenes fue excesivo en algunos casos.

Para la pelvis, los criterios de visualización 1.1.1 y 1.1.4 mostraron el grado de cumplimiento menor en el centro 5, debido a que el límite inferior del volumen estudiado fue corto en algunos casos, con lo que parte del espacio perirectal y de la vejiga urinaria no se incluyeron. En cuanto a los criterios de visualización 1.1.2 —«visualización de los huesos isquiáticos completos»— y 1.1.3 —«visualización de la sínfisis del pubis íntegra»— su cumplimiento se encontró en una baja proporción para todos los centros debido a que el examen no incluyó estas estructuras en todos los pacientes. Sin embargo, para la indicación de linfoma puede no ser necesario que tales estructuras se vean de forma general y solamente en casos particulares puede ser aconsejable estudiarlo hasta su inclusión completa. El criterio 1.1.5 —«visualización de todos los músculos peripélvicos»— se cumplió en una baja proporción en algunos centros debido al uso de un FOV demasiado pequeño o a un centrado inadecuado del paciente. El cumplimiento del criterio 1.1.6 —«visualización de los vasos después de la administración de contraste i.v.»— depende del volumen y de la tasa de inyección del medio de contraste, así como de un adecuado tiempo de retraso desde su administración hasta la adquisición del examen. En el centro 3, los pacientes se estudiaron a los 180 s después de la inyección del contraste, por lo que el realce de los vasos puede haber sido inferior que el conseguido en otros centros.

En general, el grado de cumplimiento de los criterios de visualización está íntimamente relacionado con una realización cuidadosa del examen (FOV, volumen de estudio, y temporización adecuada del estudio en relación con la administración del contraste). Hay otros parámetros que pueden influir en una realización correcta del examen, tal como la carga de trabajo y la distribución de los radiólogos en las diferentes salas de TC. Analizar la influencia de estos parámetros excede el objetivo de este estudio, sin embargo, pensamos que esta tarea podría ser acometida en cada uno de los centros afectados usando como referencia los resultados de este estudio.

Con respecto a los criterios de reproducción crítica para el abdomen, ha habido un cumplimiento relativamente bajo con los criterios 1.2.1 en el centro 5 (73%) que estuvo asociado con nueve exámenes que se realizaron sin contraste i.v. y, con menor incidencia, al uso de una matriz de reconstrucción de 256×256 . Razones similares pueden argumentarse para el fallo en el cumplimiento del criterio 1.2.13. El criterio 1.2.7 tuvo un cumplimiento ligeramente menor en el centro 5 debido a que nueve estudios se habían realizado sin contraste i.v. En particular, este criterio es difícil de seguir, y se puede considerar como un criterio doble, debido a que implica a dos estructuras anatómicas diferentes. Por otro lado, una tasa mayor de cumplimiento del criterio 1.2.1 puede implicar una visualización peor del uréter proximal, ya que si éste se ha estudiado en una fase temprana, el volumen y la concentración del contraste en orina será más baja.

El cumplimiento medio para el criterio 1.2.11 fue del 76%. En este estudio, los observadores estuvieron de acuerdo que este criterio se considerara si se observaban al menos tres ramas viscerales en su salida de la aorta, y se excluyeron las arterias ilíacas que pertenecen al criterio 1.2.9. Si se considera que el examen bajo estudio es abdomen-pelvis general, probablemente este criterio no debería ser necesario cumplirlo de forma tan estricta. En cualquier caso, el criterio deberá definirse con mayor precisión.

El criterio 1.2.10 —«reproducción de los ganglios linfáticos menores que 15 mm de diámetro»— tiene un cumplimiento medio del 86%. Aunque el cumplimiento de este criterio se evaluó, no se incluyó en el cálculo de puntuación de calidad imagen, ya

que los observadores asignaron un «no» si no se visualizaban ganglios linfáticos, pero los ganglios linfáticos no tienen por qué estar presente en la población sana o en pacientes que han respondido al tratamiento del linfoma. Por ello, se considera que este criterio no debería de utilizarse para evaluar la calidad de imagen.

Para los exámenes de TC de pelvis, el cumplimiento medio del criterio 1.2.1 —«reproducción visualmente nítida de la pared de la vejiga»— fue del 90%. La carencia de distensión de la vejiga ocurre como causa del fallo del cumplimiento del criterio. De ello se puede inferir que el cumplimiento de este criterio deberá ser mejorado si los pacientes reciben una adecuada información para evitar que la vejiga urinaria esté vacía durante la adquisición del examen.

El criterio 1.2.2 alcanzó un cumplimiento medio del 40%, mientras que en el centro 3 lo hizo en el 88%, debido a que el examen de la pelvis se llevó a cabo a los 180 s de la inyección del contraste i.v. Por ello, esta fase más tardía del estudio permitió una mejor visualización de las porciones distales de los uréteres con contraste. Al contrario, como se ha comentado previamente, el menor cumplimiento medio para el criterio 1.1.6 se obtuvo en el centro 3, de lo que se deriva que el cumplimiento de estos dos criterios es probablemente inverso. En este centro, ambos criterios no se cumplieron simultáneamente más que en el 1% de los casos mientras que en el resto, si uno de estos criterios no fue cumplido, el otro sí lo fue. Después de aplicar el test de la χ^2 para observar la independencia de ambos criterios en la totalidad de la muestra, se encontró una asociación moderada inversa ($P: 18:1$ para 1 gl; $p < 0,0005$).

El cumplimiento medio para el criterio 1.2.5 —«reproducción crítica del útero»— fue alta (86%). Sin embargo, debido a las diferencias de tamaño de las submuestras entre los varones y las mujeres en los diferentes centros, fue difícil buscar diferencias significativas entre ellos (en los centros). Una posible razón por la que el criterio no se ha cumplido es la dificultad para diferenciar el útero de los tejidos que le rodean, probablemente debido a que las mujeres —particularmente mujeres jóvenes— tienen menos grasa en la pelvis.

El criterio 1.2.6 —«reproducción visualmente nítida del tejido parametrial o de las vesículas seminales»—, se ha observado con un cumplimiento del 79% con diferencias significativas entre dos grupos, uno formado por los centros 3, 4 y 5, y otro por los centros 1 y 2 ($p < 0,0005$). Cuando analizamos el cumplimiento de este criterio por sexos, la tasa de cumplimiento para varones (90%) fue mayor que el hallado para mujeres (68%). La razón para un cumplimiento tan bajo para mujeres puede ser que éstas tienen menos grasa pélvica. Por otra parte, al tomar en consideración estas diferencias anatómicas (morfológicas), este criterio deberá separarse en dos criterios diferentes con relación al sexo del paciente, como es el caso con los criterios 1.2.5 y el 1.2.7. Ha habido diferencias significativas de cumplimiento entre el centro 5 y el resto con respecto al cumplimiento del criterio 1.2.7, debido a que, como se ha comentado para los criterios 1.1.1 y 1.1.4, el límite inferior del volumen investigado estuvo por encima de la próstata.

En lo concerniente a la puntuación de la calidad de imagen, todos los exámenes de abdomen-pelvis tuvieron al menos un cumplimiento en torno al 70%, aunque ninguno de ellos tuvo un cumplimiento total de criterios para el abdomen y para la pelvis (fig. 1). En todos los centros hay un margen de optimización excepto en el centro 3, donde 15 exámenes tuvieron un cumplimiento por encima del 90%. Algunas formas factibles de mejorar la calidad están relacionadas tanto con la preparación del paciente como

con la realización del examen. En particular, el uso rutinario de contraste i.v. con una adecuada elección de dosis, tasa de inyección y apropiada temporización pensamos que mejoraría la calidad de imagen sin aumentar la dosis de radiación. Otro hecho relacionado con las imágenes realizadas en el centro 5 es que las archivaron e imprimieron para nuestro estudio en matriz de 256 × 256, mientras que en los estudios originales utilizaron un formato de 512. De acuerdo con esto, la calidad de las imágenes originales habría provisto resultados diferentes y probablemente mejores, al menos para algún criterio de reproducción crítica donde la resolución espacial influye de manera importante.

Los criterios referidos en la Guía Europea se definieron para exámenes de áreas anatómicas u órganos específicos, y solamente en algunos casos para una técnica particular o indicación. Para algunas indicaciones clínicas, algunos criterios podrían ser más esenciales que otros y también podría ser aceptable para algunos criterios un nivel más bajo de calidad de imagen objetiva. Para el linfoma, y puede ser que para otras indicaciones clínicas tales como los tumores testiculares, debido a que es generalmente necesario estudiar ambos el abdomen y la pelvis, puede ser útil definir una lista de criterios de imagen específicos para los exámenes de TC de abdomen-pelvis.

Por las razones previamente discutidas, nuestra sugerencias en esta dirección son las siguientes: el criterio 1.1.4 para el abdomen debería desaparecer de la lista, los criterios 1.1.5 para el abdomen y la pelvis deberían unificarse en uno solo y definirse como «visualización de la pared abdominal y pélvica entera, incluyendo la piel»; el criterio 1.1.6 es común y debería ser único, y ambos criterios el 1.1.2 y el 1.1.3 para la pelvis podrían omitirse. Nosotros también sugerimos definir el criterio 1.2.7 para el abdomen como «reproducción crítica de los riñones», sin hacer referencia al uréter proximal en él. El criterio 1.2.10 para el abdomen debería desaparecer ya que no es realmente un criterio anatómico. El criterio 1.2.13 para el abdomen debería definirse como reproducción crítica de «las venas renales». El criterio 1.2.6 para pelvis debería dividirse en dos criterios de reproducción crítica independiente: uno para «el tejido parametrial» y el otro para «las vesículas seminales».

En los exámenes de TC de pacientes con linfoma es bastante frecuente estudiar también el tórax además del abdomen y la pelvis. Por ello puede ser aconsejable añadir criterios de imagen para esta región anatómica, aunque ello no se haya incluido en nuestro estudio.

Proceso de evaluación

Los datos resultantes de la aplicación del test de McNemar así como del factor kappa sirvieron para exponer qué radiólogos mostraron menos consistencia cuando valoraron los exámenes de TC en relación con la Guía de la Comisión Europea.

Los observadores en general son más benévolos a la hora de revisar las imágenes producidas en su propio departamento, lo que puede sesgar su interpretación de los exámenes realizados en el equipo local en detrimento de los de fuera. Nosotros intentamos impedir esta tendencia por medio de la aplicación del test de Friedman. El acercamiento seguido a través del proceso de evaluación nos ha permitido obtener una forma objetiva de filtrar la selección de la puntuación de los observadores en la valoración de las imágenes de acuerdo con los criterios de calidad considerados. Los resultados también han mostrado el papel del observador externo o independiente en el diseño del proceso de auditación.

Dosis de radiación

Los valores medios del IDTC_w fueron muy similares en todos los centros y muy por debajo de los valores de referencia (35 mGy/cm) propuestos en la Guía. Todos los valores medios de PDL obtenidos para los exámenes de abdomen-pelvis estuvieron por debajo de los niveles de referencia únicamente para abdomen general (780 mGy/cm) y también todos los valores de PDL individuales de los exámenes de la muestra, excepto en cinco exámenes del centro 2, estuvieron también por debajo de esta referencia.

Los centros 2 y 3 mostraron los valores medios de PDL más altos y también una marcada dispersión en torno a la media (fig. 2), particularmente alta en el centro 3. Los valores de PDL sobre el tercer cuartil en el centro 2 (780 mGy/cm) se debieron a cinco exámenes realizados con una corriente del tubo de 225-250 mA en vez de 200 mA, típicamente utilizada por el resto. Para reducir la dosis en este centro, deberá usarse un valor de *pitch* > 1, lo que no necesariamente implica una pérdida de calidad diagnóstica, como se ha demostrado claramente en nuestro estudio y en otros¹⁵⁻¹⁷. En el centro 3, el sistema de modulación de la corriente del tubo se utilizó parcialmente o no se utilizó en todas las adquisiciones, en ocho pacientes de la muestra. Debido a que la corriente del tubo seleccionada en estos casos fue de 250 o 300 mA., los valores del PDL fueron sistemáticamente más altos que 700 mGy/cm, los cuales se aproximan al valor de la mediana del PDL de este centro. Entonces, el primer escalón de optimización, para este centro, deberá ser el mejor uso de este sistema, si es posible. En relación con el resto de los centros afectados en el estudio, creemos que la optimización deberá ser un proceso de mejora continuo, los niveles de PDL obtenidos fueron aceptables, con valores medios por debajo de 600 mGy/cm, que representa menos de la mitad de la suma de los valores de referencia para el abdomen y la pelvis propuesto en la Guía (1.350 mGy/cm). A pesar de la dificultad en establecer niveles de referencia, sugerimos un valor de PDL en el rango de 800-850 mGy/cm como valor de referencia exclusivamente para exámenes de TC de abdomen-pelvis en pacientes con linfoma. Para incluir la adquisición del tórax cuando se realiza, habría que considerar un PDL adicional en el rango de 400-500 mGy/cm, lo cual supondría un nivel de referencia en torno a 1.350 mGy/cm.

En relación con la dosis efectiva, hubo una buena correlación con el PDL cuando los pacientes se separaron de acuerdo con el sexo, ya que las dosis al ovario fueron significativamente más altas que para el testículo. En particular, la dosis efectiva normalizada E_{PDL} definida⁷ como la proporción E/PDL, tuvo un rango entre 11-15 µSv mGy⁻¹/cm⁻¹ para varones y entre 16-20 µSv mGy⁻¹/cm⁻¹ para mujeres. Como se observa en la tabla 8, en el centro 4 el valor medio del PDL fue relativamente más bajo al correspondiente del centro 1. Sin embargo, la proporción diferente de varones y mujeres en estos centros (13 varones/7 mujeres y 8 varones/12 mujeres, respectivamente) causó estimaciones de E para el centro 4 más altas que para el centro 1.

Calidad de imagen y dosis

La correlación entre la calidad de imagen y el valor de PDL fue débil o nula en nuestro estudio y particularmente en los centros 1, 2, 4 y 5, donde no se ha encontrado correlación (tabla 8). El valor del coeficiente de correlación en el centro 3, donde se encontraron ambas, la puntuación media de calidad de imagen más alta y la mayor dispersión en valores de PDL, se observó una correlación débil directa entre calidad de imagen y dosis. Dado que también existe una dispersión estrecha en la calidad de ima-

gen, el proceso de optimización en este centro deberá de estar exclusivamente relacionado con la disminución de dosis al paciente.

La débil o nula correlación entre calidad de imagen y dosis encontrada en los diferentes centros participantes sugiere que, en adición a los parámetros directamente relacionados con la dosis, la calidad de imagen final está influida por otros parámetros. El uso de un inadecuado FOV, un incorrecto centrado del paciente, una matriz pequeña, una dosis y/o temporización de inyección del contraste inapropiada, un algoritmo de reconstrucción no adecuado, o incluso la grabación de las imágenes en placa frente a estación de trabajo puede influir en la calidad de la imagen de la misma manera que lo hacen los parámetros adecuados de voltaje del tubo, intensidad de corriente, colimación del haz, medida de *pitch*. Esta complejidad de factores que afectan a la calidad de imagen en TC ya se ha publicado¹⁷⁻²⁰.

CONCLUSIONES

En conclusión, los hallazgos de este estudio muestran la factibilidad de valorar la calidad de los exámenes de TC en pacientes con linfoma usando la Guía de la Comisión Europea. El cumplimiento de criterios de calidad de imagen estuvo de media por encima del 83% en todos los centros. Sin embargo, cuando lo analizamos por regiones anatómicas, tales resultados fueron desiguales: se obtuvo un gran cumplimiento para los criterios de imagen definidos para el abdomen, pero el cumplimiento para los criterios de pelvis fue más bajo, especialmente para algunos de ellos, que tuvieron una media de cumplimiento por debajo del 53% en la totalidad de la muestra. El método utilizado para evaluar la calidad de imagen ha servido para filtrar a los evaluadores con menor concordancia y para detectar la limitación (sesgo) por interacción observador/centro. En este trabajo se han encontrado diferencias significativas en calidad de imagen entre los diferentes centros.

Las contribuciones parciales del abdomen y la pelvis al PDL fueron bastante similares en tres centros y muy por debajo de los valores de referencia de la Comisión Europea en todos los centros, con el valor máximo de PDL por centro casi el doble del mínimo. En general, la débil o nula correlación encontrada entre el índice de calidad de imagen (ICI) y dosis al paciente (PDL) muestran el potencial ahorro de dosis sin pérdida de calidad de imagen. Se han realizado varias propuestas para optimizar la práctica habitual de la TC en cada centro con la intención de mejorar la calidad de imagen y reducir dosis al paciente. Se ha elaborado una propuesta de lista de criterios de calidad de imagen y valores de referencia de dosis para exámenes de TC de abdomen-pelvis para la indicación de linfoma. Los criterios de calidad de la Comisión Europea han demostrado ser, con algunas limitaciones, una tarea útil para evaluar la calidad de la práctica habitual de la TC para exámenes por linfoma en el área examinada.

AGRADECIMIENTOS

A los Servicios de Radiodiagnóstico y Protección Radiológica de los siguientes centros: Hospital del Aire, Hospital 12 de Octubre, Hospital La Paz, Hospital de Móstoles y Hospital Clínico San Carlos.

BIBLIOGRAFÍA

- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes. Volume I: SOURCES. New York: United Nations; 2000.
- Royal College of Radiologists. The use of computed tomography in the initial investigation of common malignancies. London: Council of the Royal College of Radiologists; 1994.
- Spencer JA. Oncological Radiology. Clin Radiol. 2001;56:521-2.
- Dixon AK. The appropriate use of computed tomography. Br J Radiol. 1997;79:S98-105.
- Tsang RW, Gospodarowicz MK, O'Sullivan B. Staging and management of localized non-Hodgkin's lymphomas: variations among experts in radiation oncology. Int J Radiation Oncology Biol Phys. 2002;52:643-51.
- Lenhart LE Jr. Cancer statistics: a measure of progress. CA Cancer J Clin. 1996;46:3-4.
- Commission of the European Communities. European Guidelines on quality criteria for computed tomography, EUR 16262. Brussels: Office for Official Publications of the European Communities; 1999. Disponible en: <http://www.drs.dk/guidelines/ct/quality/index.htm>
- Jurik A, Petersen J, Jessen KA, Bongarts G, Geleijns J, Golding SJ, et al. Clinical use of image quality criteria in computed tomography: a pilot study. Rad Prot Dosim. 2000;90:47-52.
- Calzado A, Rodríguez R, Muñoz A. Quality criteria implementation for brain and lumbar spine CT examinations. Br J Radiol. 2000; 73:384-95.
- Woolson RF. Statistical methods for the analysis of biomedical data. New York: John Wiley & Sons; 1987.
- International Electrotechnical Commission. Medical electrical equipment - Part 2-44: Particular requirements for the safety of X-ray equipment for computed tomography. Geneva: IEC 60601-2-44 Ed. 2.1.; 2002.
- International Commission on Radiological Protection(ICRP): 1990 Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 60, Annals of ICRP, Vol 21/1-3, Oxford: Pergamon Press; 1991.
- Jones DG, Shrimpton PC. Normalised organ doses for x-ray computed tomography calculated using Monte Carlo Techniques. NRPB-SR250. Chilton: NRPB; 1990.
- Imaging Performance Assessment of CT (ImPaCT). Dose survey summary. Disponible en: <http://www.impactscan.org/index.htm>
- Wang G, Vannier MW. Optimal pitch in spiral computed tomography. Med Phys. 1997;24:1635-9.
- Hidajat N, Wolf M, Nunnemann A, Liersch P, Gebauer B, Teichgräber U, et al. Survey of conventional and spiral CT doses. Radiology. 2001;218:395-401.
- Crawley MT, Booth A, Wainwright A. A practical approach to the first iteration in the optimisation of radiation dose and image quality in CT: estimates of the collective dose savings achieved. Br J Radiol. 2001;74:607-14.
- Jurik AG, Jessen KA, Hansen J. Image quality and dose in computed tomography. Eur Radiol. 1997;7:77-81.
- Olerud HM, Olsen JB, Skretting A. An anthropomorphic phantom for receiver operator characteristic studies in CT imaging of liver lesions. Br J Radiol. 1999;72:35-43.
- Wilting JE, Zwartkruis A, Van Leeuwen MS, Timmer J, Kamphuis AGA, Feldberg M. A rational approach to dose reduction in CT: individualized scan protocols. Eur Radiol. 2001;11:2627-32.