

# Evaluación de la calidad de los exámenes de tomografía computarizada de columna lumbar en la indicación de hernia discal

Nieves Gómez-León<sup>a</sup> • Ricardo Rodríguez-González<sup>b,c</sup> • Alfonso Calzado-Cantera<sup>b</sup> • Ángel Arenas de Pablo<sup>d</sup> • Alfredo Cuevas-Ibáñez<sup>e</sup> • Begoña García-Castaño<sup>f</sup> • Luz María Morán-Blanco<sup>g</sup> • Pilar Morán-Penco<sup>b</sup> • Agustín Turrero-Nogués<sup>h</sup>

<sup>a</sup>Servicio de Radiodiagnóstico. Hospital Universitario La Paz. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.

<sup>b</sup>Departamento de Radiología y MF. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.

<sup>c</sup>Servicio de Radiodiagnóstico. Hospital Clínico de San Carlos. Madrid.

<sup>d</sup>Servicio de Radiodiagnóstico. Hospital 12 de Octubre. Madrid.

<sup>e</sup>Servicio de Radiodiagnóstico. Hospital del Aire. Madrid.

<sup>f</sup>Servicio de Radiodiagnóstico. Hospital de Móstoles. Móstoles. Madrid.

<sup>g</sup>Servicio de Radiodiagnóstico. Hospital Gregorio Marañón. Madrid.

<sup>h</sup>Departamento de Estadística e IO. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. España.

## Evaluation of the Quality of CT (Computerized Tomography) Examinations of the Lumbar Spine in Indication of Disc Hernia

**Aim:** To apply quality criteria of computerized tomography (CT) of the lumbar spine as defined in the European Guidelines, in four hospitals of the Community of Madrid, using spiral CT (SCT) in the clinical indication of disc hernia.

**Materials and Methods:** There were selected 20 lumbar spine studies from each center. These were evaluated by five independent radiologists in order to determine the degree of adherence to criteria quality of the European Guidelines for such studies. Dosimetric measurements were performed in parallel in order to estimate values of CT dose index (CTDI<sub>w</sub>), dose length product (DLP) and effective dose for each patient.

**Results:** The results showed a high degree of adherence to image quality criteria in four centers (97-100%). Median CTDI<sub>w</sub> values per center were (34-60) mGy; those of DLP were (242-499) mGy·cm, and those of effective dose between 4 and 7 mSv.

**Conclusion:** There has been a good adherence to the quality criteria. In some cases, however, it seems that doses could very well be reduced through a re-thinking of the protocols.

**Key Words:** Spiral Computerized Tomography, Radiation Dose, Image Quality, Lumbar Spine, Optimization.

La tomografía computarizada (TC) ha sido, y aún continúa siendo, utilizada en el diagnóstico de la patología de la columna. Actualmente, la resonancia magnética (RM) ha reemplazado a esta técnica específicamente en el estudio de la columna

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

*Correspondencia:*

NIEVES GÓMEZ-LEÓN. Servicio de Radiodiagnóstico. Hospital Universitario La Paz. Paseo de la Castellana, 261. 28046 Madrid. España. ngomez.hulp@salud.madrid.org

Recibido: 9-IV-2003

Aceptado: 9-XII-2003

cervical y dorsal. Sin embargo, en la valoración de la patología discal, estenosis de canal y afectación degenerativa de la columna lumbar en general, todavía se utiliza mucho la TC, sobre todo por la menor disponibilidad de equipos de RM, aunque ambas técnicas tienen similar validez diagnóstica (sensibilidad, especificidad)<sup>1,2</sup>. Como es conocido, en el caso de la TC hay un riesgo asociado por el uso de radiaciones ionizantes.

El objetivo de este trabajo ha sido analizar la calidad de los exámenes de TC de la columna lumbar para la indicación de hernia discal en relación con los criterios de calidad para la imagen y los valores de referencia de dosis propuestos en la guía de criterios de calidad en TC de la Comisión Europea (CE)<sup>3</sup>. Este estudio forma parte de otro más amplio que tiene el objetivo de evaluar la calidad de la imagen y las dosis de radiación de los

exámenes de TC helicoidal (TCH) en varias indicaciones clínicas frecuentes en nuestro medio.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se ha realizado en cuatro centros de diferente tamaño de la Comunidad Autónoma de Madrid (CAM), con equipos de TCH de corte único de diferentes marcas y modelos (tabla 1). Una encuesta previa en los centros sobre las indicaciones más frecuentes y los protocolos estándar de examen nos permitió seleccionar la indicación de hernia de disco en el estudio de la columna lumbar.

En cada hospital se seleccionaron 20 exámenes consecutivos para dicha indicación en pacientes adultos de tamaño medio (talla: 160-180 cm; peso: 60-80 kg). Los exámenes se grabaron en placa con ventanas de partes blandas (anchura: 250-300 UH; nivel: 25-35 UH) y de hueso (anchura: 2.000-3.000 UH; nivel: 25-35 UH). Para la evaluación de la calidad de la imagen y de la dosis se tomaron como referencia los criterios incluidos en la Guía Europea para la columna lumbar en la indicación de hernia de disco<sup>3</sup>, que están indicados en la tabla 2.

La calidad de imagen fue evaluada por cinco radiólogos independientes con más de 10 años de experiencia en TC, con la utilización de una escala dicotómica. A cada criterio de imagen se le asignó *si, no, o no valorable*, según el radiólogo considerase que ese criterio se cumplía, no se cumplía o no podía ser evaluado por patología asociada u otras causas. Para conocer si existían discrepancias y sesgos entre los observadores, la evaluación de la calidad de las imágenes se realizó mediante una doble lectura. Los estudios de cada centro se ordenaron de forma aleatoria antes de cada lectura, sin eliminar datos de identificación. Entre ambas lecturas transcurrieron tres meses de intervalo sin que los radiólogos tuvieran información acerca de los resultados de la primera.

Para cada examen, lectura y evaluador las respuestas afirmati-

vas se cuantificaron como 1, las negativas con 0, y no se contabilizaron los criterios no valorables. Con esta premisa, hemos definido, para cada estudio, la variable *cumplimiento de criterio* como el promedio de las respuestas contabilizadas para cada criterio, y la variable *puntuación global de calidad de imagen*, como el promedio de cumplimiento de todos los criterios evaluados. Con los valores de ambas variables, obtuvimos los valores promedio por centro. Las pruebas estadísticas previstas para cuantificar posibles diferencias de concordancia intra e interobservador en las dos lecturas fueron el test de McNemar y la kappa de Cohen y, para las puntuaciones globales de cada observador, el test de Friedman.

En el mismo período en el que se realizaron los estudios, se efectuaron las medidas de dosis en los diferentes equipos para obtener los valores de las magnitudes dosimétricas específicas de la TC (índices de dosis de TC), según la metodología explicada más detalladamente en un trabajo previo<sup>4</sup>. Con los valores obtenidos en dichas medidas, se han deducido los valores de los índices de dosis en aire y en maniquíes, que a su vez han permitido estimar, para cada paciente individual, los valores del producto dosis/longitud (DLP), de las dosis en órganos y de la dosis efectiva (*E*).

El análisis de los resultados se ha hecho preferentemente por centros, con alguna consideración hacia los valores extremos de la muestra. Para buscar diferencias significativas entre centros hemos utilizado el test de Kruskal-Wallis en variables no paramétricas, y un Anova para las variables continuas. El paquete estadístico utilizado ha sido Systat 10.0.

## RESULTADOS

### Protocolos

Los valores típicos de los parámetros técnicos de los estudios de la muestra en cada centro están indicados en la tabla 3.

En todos los casos se realizó adquisición convencional corte a corte, sin administrar contraste intravenoso (i.v.) ni intratecal. En los centros 1, 3 y 4 se examinaron los discos y sus platillos vertebrales superiores e inferiores, angulando el *gantry* en la dirección del disco. En los centros 1 y 4 se evaluaron los espacios L3-L4, L4-L5 y L5-S1, y en el centro 3 los espacios L4-L5 y L5-S1. El procedimiento utilizado en el centro 2 para obtener los exámenes fue el siguiente: adquisición de cortes contiguos (5 mm de espesor) desde el pedículo de la vértebra L3 al pedículo de la vértebra S1, con una angulación del *gantry* variable entre 0 y -8° y, en 12, a continuación se obtuvo un único corte centrado en cada uno de los tres discos estudiados con angulación paralela a éstos. El campo de visión (FOV) de adquisición varió por cen-

TABLA 1

### CRITERIOS DE IMAGEN Y VALORES DE REFERENCIA DE DOSIS PROPUESTOS EN LA GUÍA EUROPEA DE CALIDAD PARA LOS EXÁMENES DE COLUMNA LUMBAR, HERNIA

1. Criterios de imagen
  - 1.1. Visualización de
    - 1.1.1. Toda la región sospechosa de patología
    - 1.1.2. Los vasos después de contraste i.v.
    - 1.1.3. La médula y raíces nerviosas (en TC mielografía)
  - 1.2. Reproducción crítica
    - Reproducción visualmente nítida de
      - 1.2.1. Los bordes de los discos intervertebrales
      - 1.2.2. El saco tecal
      - 1.2.3. La grasa peritecal
      - 1.2.4. Los agujeros de conjunción
      - 1.2.5. Las raíces nerviosas
      - 1.2.6. Los vasos principales y los plexos venosos peritecales después de contraste i.v.
      - 1.2.7. El hueso cortical y trabecular
      - 1.2.8. Las articulaciones vertebrales interapofisarias
      - 1.2.9. Los ligamentos paravertebrales (amarillos)
2. Criterios de dosis de radiación
  - 2.1. CTDI: no hay valor (35 mGy para abdomen general)
  - 2.1. DLP: no hay valor (800 mGy/cm para abdomen general)

i.v.: intravenosa.

TABLA 2  
EQUIPOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO Y FECHA DE INSTALACIÓN

Equipo (marca y modelo)	Fecha de instalación
GE HI-Speed LX/i	1999
Philips Tomoscan SR 7000	1996
Siemens Somaton Plus 4	1999
Toshiba Xpress GX	1998

etros entre 35 y 40 cm, mientras que el FOV de reconstrucción utilizado fue similar en los cuatro centros, con un intervalo de 18-22 cm.

La diferencia de potencial aplicada en cada hospital fue constante, con valores en el intervalo 120-140 kV. El centro 1 es el único en el que se empleó una intensidad de corriente de tubo constante. En el resto de los centros, los valores empleados oscilaron entre 200 mA y 300 mA en el centro 2, entre 230-270 mA en el centro 3, y entre 171-206 mA en el centro 4. El tiempo de rotación del tubo fue de 1 s, 1,5 s o 2 s según los centros, con alguna variación en el centro 2 (1 s para ocho pacientes). La longitud del estudio estuvo comprendida entre 7 cm y 8 cm, salvo en el centro 2, donde fue de 12 cm, por el protocolo de estudio empleado. En todos los casos se obtuvieron cortes contiguos de espesor 3 mm o 5 mm.

### Criterios de imagen

Los criterios 1.1.2, 1.1.3 y 1.2.6 no fueron valorables. De los nueve criterios restantes, cinco de ellos se cumplen al 100% en todos los centros. En la tabla 4, se señalan los promedios de cumplimiento por centros de los otros cuatro criterios. El criterio 1.2.1, «reproducción crítica de los bordes de los discos intervertebrales», tiene un promedio de cumplimiento por centros entre el 94 y el 100%. De manera similar, el criterio 1.2.3, «reproducción nítida de la grasa peritecal», tiene un cumplimiento medio por centros en el intervalo 95-100%. El criterio 1.2.4, «reproducción nítida de los agujeros de conjunción», se cumple en promedio en proporción variable entre el 91% de los casos en el centro 1 y el 99% en el centro 3. Por último, para el criterio 1.2.5, «reproducción nítida de las raíces nerviosas», el grado de cumplimiento medio por centros ha estado entre el 93 y el 100%.

Los porcentajes de calidad de imagen por centro variaron entre el 97 y el 100% (tabla 5).

### Dosis de radiación al paciente

En la tabla 5 se recogen los valores medios por centro de las distintas magnitudes de dosis. Los valores medios del índice ponderado de dosis de TC ( $CTDI_w$ ) están en el intervalo 34-60 mGy; para los exámenes individuales los valores varían entre 24 mGy y 60 mGy. Los valores medios por centro del DLP están

en el intervalo 242-499 mGy/cm, y para los exámenes individuales entre 164-820 mGy/cm. En el centro 1 es donde se da el mayor valor medio de DLP y en el centro 2 la máxima dispersión (284-820 mGy/cm). Los valores medios de la dosis efectiva por centros están comprendidos entre 4 mSv y 7 mSv y los valores extremos para exámenes individuales entre 2 mSv y 9 mSv.

Los mayores valores medios de dosis en órganos se han estimado para el intestino delgado e intestino grueso (20-40 mSv) y de 15-60 mSv en pacientes individuales. En las mujeres, el intervalo de valores medios por centro para la dosis en útero ha sido 5-9 mSv, con un máximo en pacientes individuales de 17 mSv; en ovarios, los valores medios estimados han variado por centros entre 6-10 mSv, con el máximo valor para pacientes individuales estimado en 12 mSv.

### Correlación dosis de radiación-calidad de imagen

En la tabla 5 se recogen los valores del coeficiente de correlación entre la calidad de imagen y el DLP. Hay dos centros que presentan una correlación directa muy débil entre ambas variables ( $r_s$ : 0,34 y 0,31), otro con correlación inversa casi nula ( $r_s$ : -0,16), y el último presenta una correlación moderada inversa ( $r_s$ : -0,44). El coeficiente de correlación dosis/calidad de imagen para la muestra global ha sido  $r_s$ : -0,44.

TABLA 4

PORCENTAJES DE CUMPLIMIENTO MEDIO POR CENTROS DE LOS CRITERIOS DE REPRODUCCIÓN CRÍTICA.  
LOS CRITERIOS NO ESPECIFICADOS SE CUMPLIERON PRÁCTICAMENTE EN TODOS LOS CASOS. EN LA ÚLTIMA FILA SE INDICAN LOS VALORES MEDIOS DE CUMPLIMIENTO EN LA MUESTRA

	Centro			
	1.2.1	1.2.3	1.2.4	1.2.5
1	99	100	91	98
2	94	95	97	93
3	100	100	99	100
4	100	99	96	99
Promedio (%)	98	99	96	98

TABLA 5

VALORES MEDIOS POR CENTRO DE CALIDAD DE IMAGEN (EN PORCENTAJE), DEL ÍNDICE PONDERADO DE DOSIS DE TC ( $CTDI_w$ ), DEL PRODUCTO DOSIS/LONGITUD (DLP) DE LA DOSIS EFECTIVA (E) Y DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE EL DLP Y LA CALIDAD DE IMAGEN

	Centro			
	1	2	3	4
Calidad de imagen (%)	99 (1)	97 (2)	100 (1)	99 (2)
$CTDI_w$ (mGy)	60 (1)	38 (11)	35 (4)	34 (3)
DLP (mGy cm)	499 (57)	477 (171)	242 (44)	279 (54)
E (mSv)	7 (1)	6 (2)	4 (1)	4 (1)
Coeficiente de correlación	0,34	-0,44	0,31	-0,16

## DISCUSIÓN

### Protocolos

Todos los hospitales trabajan con técnica convencional, siguiendo dos protocolos: el primero se realizó con cortes en los dos o tres últimos espacios discales de la columna lumbar con una dirección paralela al disco, y el segundo de acuerdo con la propuesta de la guía europea<sup>2</sup>, con cortes contiguos desde el pedí culo de L3 al pedí culo de S1, con un corte adicional en el centro de los tres discos estudiados (fig. 1).

Este procedimiento de estudiar sólo los espacios discales L4-L5 y L5-S1 puede explicarse por el mayor porcentaje de hernias discales que se localizan en estos dos espacios<sup>5,6</sup>. El segundo protocolo coincide con el propuesto en la Guía Europea de calidad en TC. Hay que destacar que la longitud estudiada es mayor que en el primer protocolo.

Ahora bien, nosotros hemos evaluado el cumplimiento de los criterios de imagen y estimado las dosis asociadas, pero no la calidad diagnóstica de ambos protocolos a la hora de buscar la patología que justifique la clínica que motivó la realización de una TC de columna lumbar para hernia discal.

### Criterios de imagen

Los porcentajes de cumplimiento son muy elevados en todos los centros, por lo que la calidad de imagen puede considerarse, con un margen amplio, suficiente. De los 12 criterios que propone la CE para esta indicación, hay tres, el 1.1.2, «visualización de los vasos después del contraste i.v.», el 1.1.3, «visualización de la médula y raíces nerviosas tras TC mielografía» y el 1.2.6, «reproducción crítica de los vasos principales y los plexos venosos peritecales después del contraste i.v.», que no han sido evaluados porque en ningún examen se administró contraste i.v. ni intratecal. De los nueve restantes, cinco se cumplen prácticamente en todos los casos de la muestra.

Con respecto a las pequeñas diferencias de cumplimiento de los criterios 1.2.1 y 1.2.3 del centro 2 en relación con el resto, hemos advertido que en opinión de uno de los observadores no se cumplían. Esto podría estar causado por la forma diferente de efectuar el estudio en el centro 2, ya que no se realizó con angulación paralela a la dirección del disco; el mismo observador ha valorado el criterio 1.2.5 como no cumplido en cuatro casos del centro 2. En lo que concierne al criterio 1.2.4, su incumplimiento en dos exámenes del centro 1 se ha debido a que el límite superior del agujero de conjunción no estaba ajustado en toda su longitud de estudio en dichos casos.

Por lo que se refiere a la calidad de imagen global por centros, ésta fue de prácticamente el 100% en los centros 1, 3 y 4 y del 97% en el centro 2 y, para exámenes individuales, todos los de la muestra obtuvieron una calidad por encima del 90% y en todos los centros hubo exámenes que alcanzaron el 100% (fig. 2). Estos valores de cumplimiento de los criterios de imagen, están por encima de los alcanzados en estudios previos con equipos de diseño anteriores a la TCH<sup>7-10</sup>.

Esto puede hacernos suponer, que los criterios anatómicos referidos en la Guía Europea para la columna lumbar son poco discriminadores para comparar la calidad de la imagen entre diferentes exámenes; no obstante, y en la misma línea que se estableció en trabajos previos<sup>7</sup>, el valor intrínseco más importante de estos criterios reside no en su capacidad de discriminar sino en que su evaluación permite comparar estudios de buena calidad de imagen efectuados con diferentes dosis de radiación, lo que nos puede permitir una mejora de los procedimientos de trabajo para conseguir estudios de calidad con la menor dosis de radiación posible.

### Dosis de radiación

En los cuatro equipos que hemos analizado, los valores medios del CTDIw estuvieron próximos al valor de referencia propuesto para abdomen (35 mGy), salvo en el centro 1, que tiene

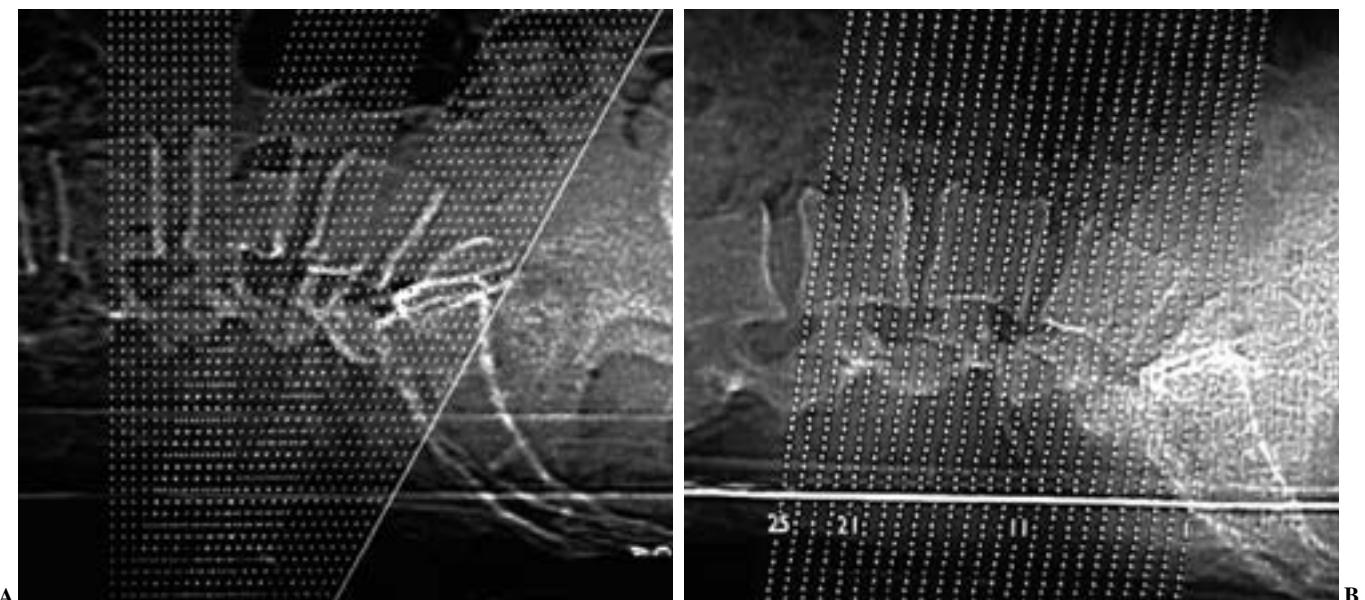


Fig. 1—Placa localizadora de TC de columna lumbar. A) Planificación del estudio, con cortes paralelos a la dirección del disco. B) Planificación del estudio con cortes contiguos desde el pedí culo de L3 al pedí culo de S1.

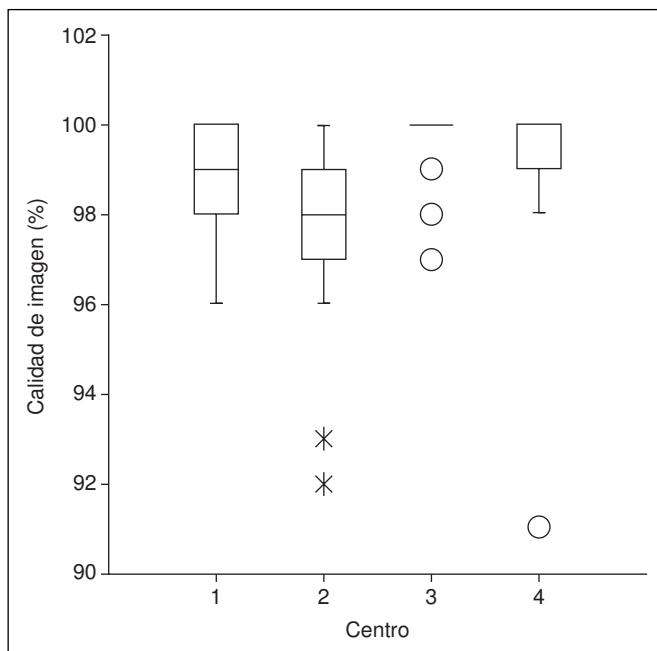


Fig. 2.—Diagrama de cajas de la calidad de imagen para cada centro en los exámenes de la TC de la columna lumbar. Las cajas representan el rango intercuartílico; las barras verticales se extienden a los valores máximos y mínimos, excluyendo los valores atípicos (○) y los valores extremos (\*).

un valor medio del CTDIw de 60 mGy. Este valor medio más alto se justifica por la carga (500 mAs) y la tensión (140 kV) del tubo empleadas. Además, al aumentar el valor de la tensión del tubo, el haz es más intenso y habría que utilizar menos carga para reducir la dosis.

En cuanto a los valores medios del DLP por centros (fig. 3) hay dos grupos con diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,0005$ ): uno con los centros 1 y 2, y el otro con los centros 3 y 4. En la Guía Europea no se han establecido valores de referencia específicos para los exámenes de TC de columna; sin embargo, sí se dan como valores de referencia secundaria los de abdomen (800 mGy/cm), por lo que todos ellos están por debajo de este nivel de referencia secundario. Los valores de dosis efectiva por centros muestran una tendencia similar.

En el centro 1, el DLP medio (499 mGy/cm) se justifica por una mayor carga del tubo, lo que hace que tenga el mayor valor del CTDIw. El centro 2 tiene un valor medio del DLP de 477 mGy/cm, que es alto debido a que la extensión media estudiada (12 cm) es la mayor de todas debido al protocolo de estudio empleado; sin embargo, hay una gran dispersión de valores en torno a la media de 477 mGy/cm, ya que los parámetros técnicos se variaron en ocho pacientes. Los valores máximos se dan en los casos donde se utiliza el protocolo estándar y los mínimos, cuando no se añadían los cortes centrados en los discos junto a la reducción de la carga del tubo.

Los otros dos centros (3 y 4) presentaron valores medios del DLP de prácticamente la mitad del DLP de los centros 1 y 2, debido a la disminución en la carga del tubo y en la longitud examinada.

Los valores medios para el DLP y la dosis efectiva son similares a los encontrados en otros estudios con diversidad de equipos y marcas<sup>7-10</sup>, lo que significa que, a diferencia de lo reseñado para la calidad de imagen, no se ha mejorado en la práctica en este campo.

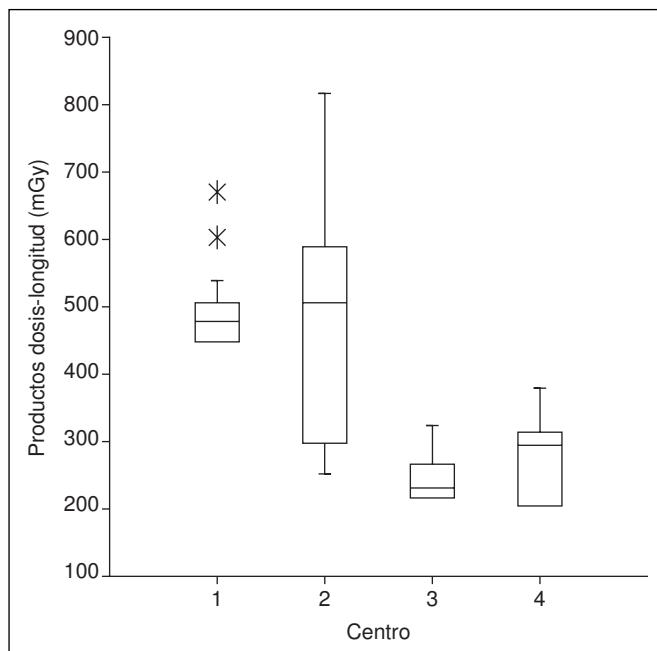


Fig. 3.—Producto dosis/longitud para cada centro para los exámenes de TC de columna lumbar. Las cajas representan el rango intercuartílico; las barras verticales se extienden a los valores máximos y mínimos, excluyendo los valores extremos (\*).

En los estudios de columna lumbar, debido a la zona anatómica irradiada, a igualdad de valores del DLP, hay diferencias significativas en los valores de E para varones y mujeres<sup>11</sup>, debido a que se irradian más directamente los ovarios que los testículos. Esto ha podido influir en los valores medios por centros, ya que aunque el número total de mujeres (49) es superior al de varones (31), en algunos centros hay cierta desproporción entre ambos sexos (en el centro 3 hay 16 mujeres y cuatro varones).

Estos valores de la E para mujeres posiblemente no justifiquen el empleo de protectores gonadales, máxime cuando la TC de columna lumbar no es una exploración realizada de rutina en el seguimiento de esta patología.

### Calidad de imagen y dosis

Si comparamos los porcentajes de calidad de imagen con los valores de DLP por centros, en general no hay correlación. Los dos centros con valores más bajos de DLP (242 mGy/cm y 270 mGy/cm) tuvieron promedios de calidad de imagen del 99 y 100% y la correlación fue directa muy débil ( $r_s: 0,31$ ) y casi nula ( $r_s: -0,16$ ), respectivamente. De acuerdo con este dato, podríamos deducir que para obtener una buena calidad de imagen no es preciso que las dosis recibidas por el paciente sean muy altas.

En los otros dos centros (1 y 2), el DLP aumentó casi al doble (499 y 477 mGy/cm) manteniendo una calidad de la imagen alta (99 y 97%) y una correlación directa débil ( $r_s: 0,34$ ) y moderada inversa ( $r_s: -0,44$ ), respectivamente. El coeficiente de correlación global para toda la muestra fue  $-0,44$ , lo cual viene a corroborar la falta de correlación entre la calidad de la imagen y la dosis de radiación.

Esta falta de correlación entre los resultados de calidad de imagen y dosis que existe, muestra la posibilidad de reducir la

dosis en aquellos centros con valores de dosis más altos y, para ello, es necesario modificar los protocolos en esa dirección.

En cualquier caso, parece recomendable disponer de un protocolo de referencia optimizado para evitar la dispersión; la calidad de imagen ha sido buena con los dos protocolos examinados, pero no hemos entrado a enjuiciar el valor diagnóstico de cada uno porque no es un objetivo de este estudio.

## CONCLUSIÓN

Existe un alto cumplimiento de los criterios de calidad de la TC en la columna lumbar con equipos de diseño más moderno. No hay una correlación entre los resultados de calidad de imagen y la dosis de radiación, por lo que se pueden obtener estudios con una calidad de imagen adecuada y menos dosis.

## AGRADECIMIENTOS

A los servicios de radiodiagnóstico de los siguientes centros: Hospital del Aire, Hospital 12 de Octubre, Hospital Universitario La Paz, Hospital de Móstoles y Hospital Clínico San Carlos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Comisión Europea. Guía de indicaciones para la correcta solicitud de pruebas de diagnóstico por imagen. Protección radiológica 118. Dirección General de Medio Ambiente. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2001.
2. Dixon AK. The appropriate use of computed tomography. *Br J Radiol* 1997;70:S98-105.
3. European Guidelines on quality criteria for computed tomography. Report EUR 16262. Office for Official Publications of the European Communities. Brussels, 1999. Disponible en: [www.drs.dk/guidelines/ct/quality/index.htm](http://www.drs.dk/guidelines/ct/quality/index.htm)
4. Moran Blanco L, Rodríguez-González R, Calzado-Cantera A, et al. Evaluación de la calidad de imagen y de la dosis en exámenes de TC helicoidal de tórax en pacientes con carcinoma de pulmón. Resultados preliminares. *Radiología* 2002;44:229-36.
5. Milette PC. Clasification, diagnostic imaging and imaging characterization of a lumbar herniated disk. *Radiol Clin North Am* 2000;38:1267-92.
6. Wybier M. Imaging of lumbar degenerative changes involving structures other than disc space. *Radiol Clin North Am* 2000;39:101-14.
7. Calzado A, Rodríguez R, Muñoz A. Quality criteria implementation for brain and lumbar spine CT examinations. *Br J Radiol* 2000;73:384-95.
8. Torp CG, Olerud HM, Einarsson G, Gron P, Leitz W, Servomaa A. Use of the EC quality criteria as a common method of inspecting CT laboratories- a pilot project by the Nordic radiation protection authorities. IAEA-CN-85-175. Málaga: Proceedings of the Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy. International Atomic Energy Agency, 2001 p. 223-7.
9. Crawley MT, Booth A, Wainwright A. A practical approach to the first iteration in the optimization of radiation dose and image quality in CT: estimates of the collective dose savings achieved. *Br J Radiol* 2001;74:607-14.
10. Scheck RJ, Coppenrath EM, Kellner MW, et al. Radiation dose and image quality in spiral computed tomography: multicentre evaluation at six institutions. *Br J Radiol* 1998;71:734-44.
11. Calzado A, Rodríguez R, López M. Medidas dosimétricas y estimación de la dosis a los pacientes en algunas exploraciones habituales con una gama de equipos de tomografía computarizada. *Radiología* 1998;40:461-7.