



ANÁLISIS DE DOSIS A CRISTALINO EN RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA: A PROPÓSITO DE UN CASO

*F. Carrera Magariño, **

F. Moreno Rodríguez

S. Velázquez Miranda

F. J. Manzano Martínez

T. Moreno Sánchez

Hospital "Juan Ramón Jiménez"

Ronda Norte s/n 21005

Huelva, España

Resumen

Introducción: el presente trabajo muestra los valores de dosis a cristalino al personal que trabaja en procedimientos de radiología intervencionista.

Materiales y métodos: los estudios se realizaron en un equipo Phillips Integris V3000. Se midió la dosis equivalente a cristalino utilizando un detector de estado sólido Welhöfer WD 10i. Se obtuvo la tasa de dosis equivalente en la posición del cristalino, para las diferentes condiciones de funcionamiento registradas por los operadores en los estudios reales, utilizando un maniquí de láminas de agua sólida (RW3).

Resultados: se tomaron datos de 436 estudios, con un total de 2.133,4 minutos de fluoroscopia y 19.563 imágenes. Se muestran valores de dosis a cristalino en tres situaciones: sin blindaje, con blindaje de 0.25 mm de Pb, y con 0.50 mm de Pb, y por tipo de estudio, por fluoroscopia y grafía y en total. Las medias y rangos de dosis a paciente para cada uno de estos estudios también se detallan.

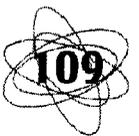
Conclusiones: hemos determinado los estudios que más dosis a cristalino proporcionan a los profesionales de nuestra insta-

lación. Este método supone una alternativa sencilla para estimar la carga radiológica al personal, si se carece, como es nuestro caso, de dosimetría TL propia.

Introducción

Se muestran los valores de dosis a cristalino al personal que trabaja en procedimientos de radiología intervencionista, a partir de datos obtenidos entre mayo de 1997 y febrero de 1998. Dichos datos se obtuvieron con fines de registro de dosis a paciente, y se han utilizado para la estimación de dosis a cristalino a raíz de un incidente acaecido en la instalación. Se presentan los valores de dosis equivalente a cristalino por tipo de intervención, y en tres condiciones diferentes: sin protección ocular, con protección ocular de 0.25 mm de Pb, y de 0.50 mm de Pb. También se presentan los resultados de dosis a paciente en los mismos estudios.

Se realizó una revisión oftalmológica rutinaria, como parte del reconocimiento médico anual, a una trabajadora profesionalmente expuesta que desempeña sus funciones como ATS en el servicio de radiodiagnóstico del Hospital "Juan Ramón Ji-



ménez”, en la sala de radiología intervencionista. Se detectaron opacidades en cristalino, calificadas por el servicio de oftalmología del Hospital “Juan Ramón Jiménez” como “capsulares posteriores”. La trabajadora ha sido apartada preventivamente del puesto de trabajo, por recomendación del servicio de oftalmología del hospital. De los informes clínicos correspondientes a las revisiones médicas realizadas hasta la fecha, como trabajadora expuesta a las radiaciones, no se derivó ningún dato que aconsejase su reclasificación médica.

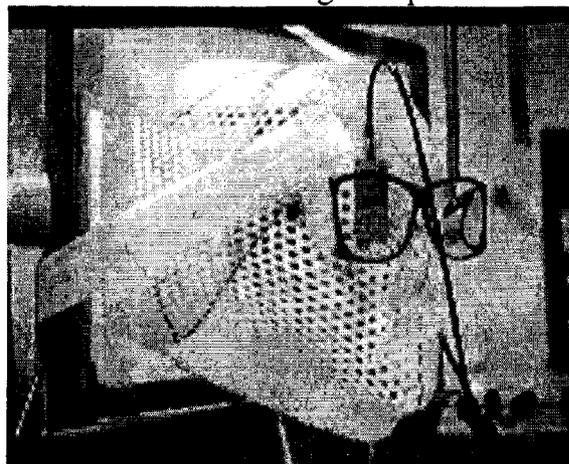
La protección radiológica operacional en la sala es responsabilidad del servicio de física médica y protección radiológica del Hospital “Juan Ramón Jiménez”. Sus trabajadores están clasificados como de categoría A, y por tanto disponen de dosimetría personal de solapa y muñeca, homologada (así lo exige el Real Decreto 53/1991(1)). En la instalación existen prendas de protección normal que usan sistemáticamente. Se dispone también de una mampara emplomada suspendida del techo que no se utiliza al dificultar el trabajo del radiólogo. Se realiza también una dosimetría de cristalino, con un dosímetro TL colocado en el borde superior, a la altura del tiroides, y por fuera del delantal del radiólogo. En el caso de la ATS, por su diferencia de estatura, prácticamente corresponde a la posición real de su ojo. Los valores registrados, dada la mayor proximidad del radiólogo al paciente, son conservadores respecto a la verdadera dosis a cristalino de la ATS.

Materiales y método

El equipo de la instalación es dedicado, de tipo arco en “C” con el tubo bajo la mesa, y dotado de modos de fluoroscopia de baja dosis que se usan habitualmente. No se encuentra habilitado el modo “alto brillo”. Se revisa periódicamente tanto por la empresa suministradora como por el servicio de

protección radiológica, sin que se haya detectado ninguna anomalía en cuanto a la tasa de dosis a la entrada del intensificador. La calidad de imagen tampoco se ha visto reducida en general, por lo que la duración de los procedimientos y, por tanto, la carga radiológica de la instalación, no se ha visto afectada.

El personal de la instalación registra los datos radiológicos pormenorizados de todos los estudios, con indicación de la dosis al paciente, la técnica utilizada y la duración de los mismos. Esto permite calcular con buena aproximación la verdadera carga de trabajo de la instalación, y por tanto confirmar los valores de la dosimetría personal con medidas experimentales. Las dosis a paciente se midieron mediante un algoritmo de cálculo propio del equipo, que fue trazado a un detector calibrado. El personal de la instalación cuenta con formación adecuada en protección radiológica, y con la necesaria acreditación otorgada por el CSN.



El servicio de protección radiológica realizó, a raíz de la notificación de incidente, medidas en la sala de radiología intervencionista, encaminadas a determinar si las dosis recibidas en cristalino por la trabajadora, como consecuencia del funcionamiento normal de la instalación, podían justificar la aparición de opacidades en cristalino. Las medidas fueron realizadas el 26 de febrero de 1998, y consistieron en la determinación de la atenuación de las diferentes gafas de protección disponibles en la

sala, de la determinación de la tasa de dosis a cristalino en posición habitual de la ATS. Se midió la dosis equivalente a cristalino utilizando un detector de estado sólido Welhöfer WD 10i (figura 1), para las energías de uso clínico habituales y en las siguientes condiciones: sin protección ocular, con protección ocular de 0.25 mm de Pb y

Tabla 1

COMPARATIVO DE LAS DIFERENTES GAFAS EXISTENTES EN LA SALA				
GAFAS Nº	kVp	mA	TASA (µGy/min)	ATENUACIÓN DEL
1	83	5.6	11	78%
2	82	5.6	25	50%
3	83	5.6	11	78%
4	83	5.6	23	54%
5	83	5.6	22	56%
6	83	5.6	23	54%
7	83	5.6	10	80%

Tabla 2

RENDIMIENTOS EN GRAFÍA (nGy/mAs)				
kVp	Espesor	Sin gafas	Con 0.25 mm de Pb	Con 0.50 mm de Pb
60	10	35.5	0.7	0.4
61	11	34.2	0.5	0.4
63	12	35.9	0.7	0.6
65	13	35.3	1	0.6
70	16	37	1.2	0.9
73	18	36.6	1.3	1
75	19	39.3	1.3	1

con protección ocular de 0.50 mm de Pb. Por último se realizó el cálculo de la carga radiológica real al cristalino de la ATS, teniendo en cuenta el registro de estudios realizados desde el 26 de mayo de 1997 al 23 febrero de 1998 (9 meses), y las medidas del apartado anterior.

Los resultados de las medidas de atenuación de las diferentes gafas se muestran en la tabla 1. La trabajadora afirmó que usaba las marcadas con un "1". En la tabla 2 se muestran los estudios registrados durante los nueve meses de investigación. En la tabla 3 se muestran las tasas de fluoroscopia y grafía medidas en la posición del cristalino de la operadora. La medida de fluoroscopia se hizo ajustando el espesor del maniquí hasta obtener el kVp registra-

do. Las exposiciones en grafía se hicieron en modo manual, asumiendo el kVp inicial registrado. A partir de estos valores, y de los estudios realizados, se obtuvieron las dosis por tipo de estudio. Las dosis por estudio se obtienen sin más que dividir ese valor por el número de estudios. En la figura 2 se representa la evolución, durante el periodo evaluado, de la dosimetría TL de cristalino de la operadora, si no hubiese utilizado protección, y se compara con el límite mensual de dosis a cristalino vigente en la legislación española. La estimación de la carga radiológica al cristalino, cuyo detalle pormenorizado se muestra en la tabla 2, arroja, durante el periodo de evaluación, los siguientes valores: sin gafas, 18.03 mGy; con 0.25 mm de Pb de protección,

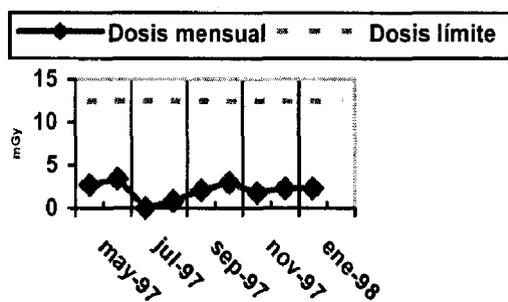
TASAS EN FLUOROSCOPIA (mGy/h)				
kVp	Espesor	Sin gafas	Con 0.25 mm de Pb	Con 0.50 mm de Pb
60	10	0.22	0.003	0.003
61	11	0.24	0.003	0.003
63	12	0.25	0.007	0.004
65	13	0.29	0.007	0.006
70	16	0.39	0.015	0.011
73	18	0.49	0.019	0.016
75	19	0.49	0.021	0.018

0.67 mGy; y con 0.50 mm de Pb, 0.53 mGy. Se tomaron datos de 436 estudios, con un total de 2.133,4 minutos de fluoroscopia y 19.786 imágenes. El tipo de estudio que más dosis proporcionó en total y por fluoroscopia (1.6 mSv) fue la nefrostomía unilateral, con 164.4 min de fluoroscopia en total. El control de nefrostomía fue el tipo de estudio que más dosis proporcionó a cristalino por grafía, para todos los estudios, con 0.45 mSv y 144 imágenes. El estudio simple que más dosis proporcionó por estudio (no se muestra en la tabla), en total y en fluoroscopia, fue la extracción de cálculos biliares, con 0.22 mSv/estudio, y con 10.8 (9-15) imágenes/estudio de promedio. El que más dosis proporcionó por estudio en grafía fue el control de nefrostomía, con



0.13 mSv/estudio, y 16 (0-45) imágenes en promedio. Las dosis a paciente están expresadas en $\text{cGy}\cdot\text{cm}^2$, y se observa en la tabla 2 que el estudio que más dosis a paciente proporcionó fue la colocación de un stent vascular, lo cual fue debido fundamentalmente a la dosis por fluoroscopia ($373360 \text{ cGy}\cdot\text{cm}^2$). Una arteriografía hepática proporcionó la máxima dosis por grafía al paciente.

Figura 2. DOSIMETRÍA DE CRISTALINO DE LA OPERADORA



Conclusiones

Del análisis comparativo de las gafas se concluye que: tres de las siete gafas disponibles tienen una atenuación equivalente a 0.5 mm de Pb, y el resto tiene atenuación equivalente a 0.25 mm de Pb. Se observa coherencia con la dosimetría TL homologada, que en el periodo de evaluación da como dosis superficial 18.4 mGy, frente a los 18.03 estimados, lo cual avala las medidas realizadas (considerar todos los estudios realizados en el periodo de evaluación; considerar que el kVp inicial se mantiene inalterable durante las series radiográficas; considerar el mA promedio para cada tipo de estudio; considerar el kVp de fluoroscopia igual al de grafía). Hay que decir que estos valores habría que dividirlos por la mitad, pues aproximadamente se reparten al 50% los procedimientos entre los dos operadores (aunque el dosímetro de cristalino siempre está en las exploraciones, pues está asignado al puesto y no es personal).

Existe correlación positiva ($p=0.88$) entre los valores promedio de dosis a paciente y dosis a cristalino del operador, en el mo-

do fluoroscopia, aunque no en el modo grafía, lo que concuerda con que en varios tipos de estudio la dosis a paciente por grafía no implica dosis al cristalino, al no estar presente el operador. Este método supone una alternativa sencilla para estimar la carga radiológica al personal, si se carece, como es nuestro caso, de dosimetría TL propia. El paso siguiente sería confirmar estos valores con TLD en estudios reales.

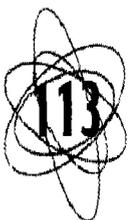
Hay que aclarar que este efecto biológico es de tipo determinista, y se produce con una dosis umbral, *no apareciendo para dosis más bajas*. Existen numerosas referencias bibliográficas sobre cuáles son estos umbrales de dosis, pero por escoger una de las más fiables²,

'El umbral para opacidades de cristalino, suficientes para producir, tras un cierto tiempo, deterioro en la visión, es de 2-10 Gy para radiación ionizante de bajo LET (y aproximadamente de 1'2 Gy para radiación de alto LET), para exposiciones agudas. El umbral de tasa de dosis para exposiciones crónicas durante largos periodos de tiempo no es bien conocido, pero es probable que exceda los 0.15 Gy por año para radiación de bajo LET'.

Por tanto, debemos considerar el límite, por otra parte establecido de la legislación española (1), y en la comunitaria (3), de dosis a cristalino para trabajadores expuestos de 0.15 Gy al año (150 mGy). A pesar de la doble estimación concordante de dosis a cristalino, y del informe en consecuencia, la trabajadora fue retirada de su puesto de trabajo por el servicio de vigilancia médica y la administración de personal. Es necesaria mayor coordinación y colaboración entre éstos y los servicios de protección radiológica.

Bibliografía

1. Real Decreto 53/1992 del 12 de febrero de 1993, por el que se aprueba el Reglamento de Protección Sanitaria contra las radiaciones ionizantes, *Boletín Oficial de Estado*, nº 37.
2. UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. 1993. Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, United Nations, New York, 1993.
3. Consejo de la Unión Europea. Directiva 96/29/EURATOM por la que se establecen normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, boletín L 159, 1996.



ESTUDIOS DE RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA DEL 26/5/97 AL 23/2/98 (9 meses)								Dosis a cristali- no sin gafas (mGy)	Dosis a crista- lino con 0.25 mm de Pb (mGy)	Dosis a crista- lino con 0.50 mm de Pb (mGy)	Dosis a paciente								
Estudio	N	tfluoro- ro (min)	N total imá- ge nes	kVp inicial	mA inicial me- dio	t por exp. (ms)	DXA				DXA grafía			DXA escopia					
							promedio				máximo	mínimo	promedio	máximo	mínimo	promedio	máximo	mínimo	
Flebografía MM.SS	10	18.2	916	60	629	323	0.066	0.001	0.001	2069.6	3690	860	809.6	3540	640	268	620	90	
Colocación reservorio	45	72.6	213	73	230	70	0.718	0.027	0.019	716.6	4980	150	70	780	0	647	4460	150	
Arteriografía MM.II.	33	11.2	2596	60	187	283	0.397	0.006	0.006	9371.3	21380	0	7623.6	17520	0	1929.7	19850	0	
Flebografía MM.II.	56	40.3	1835	70	776	30	0.261	0.010	0.007	2172	11750	770	40.3	10630	430	1842.9	1120	120	
PAAF	36	48.9	0	73	0	0	0.399	0.015	0.011	593.3	2900	0	0	0	0	610.2	2900	98	
Extracción cálculo biliar	5	113.7	54	75	200	400	1.102	0.045	0.038	13224	16360	8630	1380	3310	280	11840	13310	8080	
Arteriografía renal	5	17.4	382	70	200	203	0.113	0.004	0.003	10812	25810	2020	8820	22840	1710	1990	4520	310	
Drenaje biliar	5	76.6	70	75	186	400	0.833	0.034	0.028	14068	17590	10460	2382	3630	1470	11686	16120	8530	
Fistulografía	7	34.4	487	60	629	70	0.124	0.002	0.002	2815.7	5090	840	1622.9	3970	600	1192.9	27020	180	
Stent vascular	2	63.9	223	70	147	203	0.413	0.016	0.012	33840	56370	11310	11640	19010	4270	22200	37360	7040	
Nefrostomía unilateral	18	164.4	95	75	169	400	1.600	0.066	0.056	8260	21520	1070	660	3550	0	7600	21520	1070	
Drenaje abdominal	26	102.1	22	75	200	400	0.9.6	0.038	0.032	4298.1	19580	220	62.3	1230	0	4235.8	19580	190	
Nefrostomía bilateral	1	4.9	12	75	150	400	0.068	0.003	0.002	2720	2720	2720	450	450	450	2270	2270	2270	
Arteriografía pulmonar	9	80.5	1196	60	629	70	0.290	0.004	0.004	11764.4	27730	3130	8382.3	17450	1540	5481.1	10280	1590	
Cambio/retirada reservorio/catéter	8	9.2	42	70	211	70	0.082	0.003	0.002	808.75	2230	80	187.5	940	0	621.3	1290	50	
Control nefrostomía	9	89.1	144	75	200	400	1.183	0.046	0.038	7448 25430	25430	770	1644	4500	0	5803	22830	620	
CTPH	7	67.1	90	75	228	400	0.873	0.034	0.028	7348.6	19760	1610	1268.6	3240	410	6080	18750	990	
Controles varios	14	35.6	106	75	178	400	0.589	0.022	0.018	1448	6960	6960	743.6	2290	2290	2191	6960	6960	
Arteriografía TSA	1	2.8	0	75	0	0	0.023	0.001	0.001	7900	7900	7900	3930	3930	3930	3970	3970	3970	
Biopsia hepática	7	35	39	75	200	400	0.410	0.016	0.014	4147	7700	2130	592.9	2130	0	3554.3	5680	2130	
Arteriografía de carótidas	11	94.5	1445	70	144	150	0.611	0.024	0.017	6095.4	15670	2080	2936.4	4180	1310	3109.1	12240	770	
Arteriografía de mesentéricas	4	22.3	501	70	248	203	0.144	0.006	0.004	14335	20320	4830	11320	17720	3380	3015	5000	1450	
Estudios complejos	88	634.1	8071	70	200	203	4.101	0.159	0.116	11432	34710	1180	7758	27770	0	3674	29460	220	
Miscelánea	29	195.6	1247	65	200	203	2.720	0.089	0.070	7438	42950	350	3620	33640	0	3817.6	33440	30	
	436	2133	19786				18.03	0.670	0.530										

Tabla 3