

Dosimetría de cristalino de GESTISA y su aplicación a personal expuesto a Radiaciones Ionizantes en el ámbito sanitario

Kefrén Sánchez Noriega¹, Pedro Ruiz Manzano², Luis Corpas Rivera¹, M^a Ángeles Rivas Ballarín², Sara Sanmartín Sánchez¹ y Miguel Canellas Anoz²

- (1) Unidad Técnica de Protección Radiológica y SDPE, GESTISA, Madrid
(2) Servicio de Física y PR, Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa, Zaragoza

Resumen—En este trabajo se presenta el sistema de dosimetría de cristalino diseñado por GESTISA. En él, $H_p(3)$ se estima a partir de la lectura $H_p(0,07)$. La validez de este método se comprobó indirectamente haciendo una verificación análoga en términos de $H_p(10)$, obteniéndose una precisión del orden de las halladas en intercomparaciones de dosimetría personal. Asimismo se han evaluado y analizado las dosis en cristalino de diferentes profesionales del ámbito sanitario. Se concluye que los facultativos y DUE de Radiología Intervencionista y de Hemodinámica deberían usar gafas plomadas y sería recomendable que lleven dosímetro de cristalino. Los cirujanos vasculares no requerirían dosímetro de cristalino, aunque se recomienda que lleven gafas plomadas por cuestiones de optimización. No parece necesario que los TSID que operan los arcos de quirófano, ni los DUE de Medicina Nuclear, encargados de administrar los radiofármacos, lleven protección para el cristalino.

I. INTRODUCCIÓN

La publicación ICRP 118^[1], ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context, a la luz de las conclusiones de los estudios más recientes sobre la aparición de cataratas, decidió modificar el límite anual de dosis de radiación en cristalino, recomendando un valor de 20 mSv cuando anteriormente era de 150 mSv. El nuevo límite ya ha sido recogido en la legislación europea (Directiva 2013/59/EURATOM de 5 de diciembre^[2]), que establece un plazo de 4 años para su transposición a la legislación española. Sin embargo, puesto que hay evidencias de que el umbral de dosis para la aparición de daños en cristalino es inferior a lo que se pensaba, es de la máxima importancia realizar estimaciones de las dosis que puede estar recibiendo en el cristalino el personal que trabaja en presencia de radiaciones ionizantes. De esta manera se podrá valorar si las condiciones de trabajo son tales que no provocarán la aparición de cataratas radioinducidas o, por el contrario, debe aumentarse la protección al cristalino para disminuir la dosis de radiación que recibe.

II. MATERIAL Y MÉTODO

El SDPE de GESTISA ha utilizado, para estimar las dosis en cristalino, dosímetros termoluminiscentes marca DOSIBIOLÓGICA, modelo DB-24-888, diseñados igualmente por GESTISA. Estos dosímetros están formados por un elemento activo de FLi(Mg,Ti) integrado en un chasis de plástico de alta resistencia que contiene un código de orificios para permitir su identificación. El dosímetro, de pequeñas dimensiones (20mm x 10mm x 1mm), se incluye en una funda protectora que se fija a la

parte frontal del gorro quirúrgico del usuario para reproducir la distancia y la orientación del cristalino sin interferir en su trabajo.

En el caso de trabajadores que utilizan gafas plomadas, debido a que el dosímetro no queda blindado por la lente, su exposición a los rayos X es considerablemente mayor que la que llega al cristalino, de forma que el Servicio de Protección Radiológica asigna la dosis equivalente en el cristalino del trabajador mediante un factor de atenuación.

Aunque el mejor estimador de la dosis equivalente en cristalino es el equivalente de dosis personal $H_p(3)$, $H_p(0,07)$ permite obtener resultados aceptables para una irradiación normal o moderadamente oblicua por fotones de energía superior a 40 keV. Esto es debido a que en estas condiciones la respuesta de los dosímetros en términos de $H_p(0,07)$, sin ser idéntica a la respuesta en $H_p(3)$, mantiene un valor relativamente estable^[3].

El valor de $H_p(3)$ se ha obtenido por aproximación a partir de la magnitud $\hat{H}_p(3)$, la cual se ha definido como:

$$\hat{H}_p(3) := f(0,07;3) * H_p(0,07) \quad (1)$$

En la ecuación (1), $f(0,07;3)$ representa el factor de conversión para obtener el equivalente de dosis a profundidad de 3 mm a partir del equivalente de dosis a 0,07 mm. El valor de $f(0,07;3)$ utilizado se ha extraído de los datos del trabajo de Behrens y col^[3].

A. Verificación del sistema de dosimetría

Al no tener conocimiento de laboratorios de dosimetría que calibren en términos de $H_p(3)$, se realizó un procedimiento análogo utilizando $H_p(10)$. Validar con éxito el método para $H_p(10)$ permite deducir su eficacia para $H_p(3)$, pues al tratarse de un equivalente de dosis en una profundidad menor la similitud respecto a $H_p(0,07)$ sería mayor.

La magnitud $\hat{H}_p(10)$ se define análogamente a $\hat{H}_p(3)$:

$$\hat{H}_p(10) := f(0,07;10) * H_p(0,07) \quad (2)$$

En la ecuación (2) $f(0,07;10)$ es el factor de conversión que permite obtener el equivalente de dosis a profundidad de 10 mm a partir del equivalente de dosis a 0,07 mm.

Para las medidas de comprobación se irradió una matriz de dosímetros de cristalino con una calidad de haz N-80. El factor de conversión experimental de kerma en aire, $h_{pK}(0,07)^{Exp}$, se obtuvo a partir de las lecturas $H_p(0,07)$ y de la monitorización del valor de kerma en aire. El valor de $\hat{H}_p(10)$ se calcula a partir de (2), y con este valor se calcula el coeficiente de conversión de kerma en aire a la magnitud $\hat{H}_p(10)$, $\hat{h}_{pK}(10)^{Exp}$, definido a continuación:

$$\hat{h}_{pK}(10)^{Exp} := \hat{H}_p(10) / K_a \quad (3)$$

Paralelamente se irradiaron dosímetros de solapa caracterizados en $H_p(10)$, que sirvieron como medida de

control para obtener directamente el factor de conversión experimental $h_{pK}(10)^{Exp}$. Las medidas anteriores se repitieron para las calidades N-60 y N-100.

B. Dosis del personal del HCU Lozano Blesa

A lo largo de 2013 y 2014 se estudiaron los niveles de dosis en cristalino en personal que habitualmente trabaja con radiaciones ionizantes de los servicios con más riesgo radiológico: TSID que opera con arcos radioquirúrgicos, cirujanos vasculares, facultativos y DUE de la sección de Radiología Intervencionista, facultativos y DUE de la Unidad de Hemodinámica y DUE de Medicina Nuclear encargados de administrar los radiofármacos a los pacientes.

A partir de medidas realizadas con cámaras y detectores en haz disperso se ha estimado que el uso de las gafas plomadas de 0.5 mm Pb equivalente y los protectores panorámicos de 0.1 mm Pb equivalente reduce la dosis en cristalino, al menos, un 90% y un 70% respectivamente. Estos valores se han utilizado para estimar los valores anuales máximos de dosis equivalente en cristalino a partir de las lecturas de los dosímetros.

III. RESULTADOS

A. Verificación del sistema de dosimetría

Los resultados de la validación se muestran en la Tabla 1, en la cual se comparan con los factores de conversión hallados en la Norma ISO 4037^[4].

Tabla 1: Comparación entre los factores de conversión de kerma en aire a equivalente de dosis (expresados en mSv/mGy) obtenidos experimentalmente y los establecidos en la Norma ISO 4037-1. Entre paréntesis aparece la desviación en tanto por ciento.

Fact. conv.	$H_p(0,07)$		$H_p(10)$		
	$h_{pK}(0,07)^{ISO}$	$h_{pK}(0,07)^{Exp}$	$h_{pK}(10)^{ISO}$	$h_{pK}(10)^{Exp}$	$\hat{h}_{pK}(10)^{Exp}$
N-60	1.55	1.78 (+15%)	1.65	1.93 (+17%)	1.91 (+15%)
N-80	1.72	1.60 (-7%)	1.88	1.77 (-6%)	1.71 (-9%)
N-100	1.72	1.44 (-16%)	1.88	1.64 (-13%)	1.55 (-18%)

Las subestimación de $\hat{h}_{pK}(10)^{Exp}$ respecto a $h_{pK}(10)^{ISO}$ es inferior al 10% para N-80, la calidad de calibración de los dosímetros. Para otras calidades las desviaciones se mantienen por debajo del 20%, en un rango similar al hallado habitualmente en las intercomparaciones entre distintos laboratorios de dosimetría.

La similitud entre los valores de $h_{pK}(10)^{Exp}$ y $\hat{h}_{pK}(10)^{Exp}$ para todas las calidades muestra que la segunda es un buen estimador de la primera.

B. Dosis del personal del HCU Lozano Blesa

En la Tabla 2 se representan las estadísticas de lecturas mensuales obtenidas entre los distintos colectivos de trabajadores del hospital. Aunque la muestra no es muy grande se observa cierta proporcionalidad entre la lectura media y la máxima, que oscila entre 1,4 y 4 veces, con excepción de los facultativos de radiología intervencionista, quienes reconocieron que la mayor parte del tiempo no se acordaban de ponerse los dosímetros.

La dosis media anual en cristalino para los Técnicos Superiores de Imagen para el Diagnóstico sería 0.5 mSv y la máxima 1.4 mSv, valor muy inferior al límite anual de 20 mSv.

La dosis máxima anual de las lecturas de los cirujanos vasculares sería inferior a 2.4 mSv. Como usan gafas plomadas la dosis máxima estimada en cristalino sería inferior a 0.25 mSv.

Como los facultativos de Radiología Intervencionista utilizan protectores panorámicos plomados o gafas plomadas la dosis máxima anual estimada en cristalino sería inferior a 18 mSv con protectores panorámicos plomados e inferior a 6 mSv si usan gafas plomadas. Para los DUE sería inferior a 2.2 mSv ya que todos usan gafas.

La dosis en cristalino para el colectivo de la Unidad de Hemodinámica será menor del límite anual de 20 mSv. Como llevan gafas plomadas la dosis máxima estimada en cristalino sería inferior a 1.5 mSv para los facultativos e inferior a 0.7 mSv para los DUE.

La dosis máxima anual en cristalino para los DUE de Medicina Nuclear sería inferior a 1.6 mSv.

Tabla 2: Lecturas mensuales medias y máximas de los dosímetros de cristalino en diferentes campos y para distintas categorías de colectivos.

Campo de trabajo	Número y cat.	Meses uso	Lect. med. (mSv)	Lect. máx. (mSv)
Arcos radioquir.	10 TSID	1	0.04	0.12
Cirugía Vascolar	7 FEA	6	0.05	0.2
Radiología Intervencionista	4 FEA 2 DUE	6 6	0.43 1.4	4.9 2
Unidad de Hemodinámica	5 FEA 1 DUE	6 6	0.34 0.24	1.3 0.6
Medicina Nuclear	2 DUE	3	-	0.13

IV. CONCLUSIONES

La estimación de $H_p(10)$ a partir de la magnitud $\hat{H}_p(10)$, utilizando dosímetros DB-24-888, para las condiciones habituales de radiología intervencionista, muestra resultados con precisión similar a la hallada en otros ámbitos de la dosimetría personal. Teniendo en cuenta que el factor de conversión $f(0,07;3)$ es más estable (respecto a cambios de calidad de haz) que $f(0,07;10)$, se justifica que los dosímetros de cristalino de GESTISA dan una estimación precisa de $H_p(3)$.

Debe evaluarse, en términos de riesgo laboral a padecer cataratas como enfermedad profesional, a los trabajadores potencialmente expuestos. Los facultativos y los DUE de la sección de Radiología Intervencionista y de la Unidad de Hemodinámica, deben llevar gafas plomadas y sería recomendable que lleven dosímetro de cristalino. Los cirujanos vasculares deberían usar gafas plomadas por cuestiones de optimización y no sería necesario que lleven dosímetro de cristalino. Por el contrario, no parece necesario que los TSID que operan los equipos de quirófanos ni los DUE de Medicina Nuclear encargados de administrar los radiofármacos a los pacientes lleven protección para el cristalino.

REFERENCIAS

- [1]ICRP 118. Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context.
- [2]Directiva 2013/59/EURATOM de 5 de diciembre por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes.
- [3]R. Behrens, G. Dietze, Monitoring the eye lens: which dose quantity is adequate? Phys. Med. Biol. 55 4047 (2010).
- [4]X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy: part 3. Calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence ISO 4037-3 (1999).