



## Revisión de Artículos

**Francisco Clemente\***

Comité de Redacción.

Estimados amigos,

Con el primer deseo de que todos vosotros os encontréis lo mejor posible, y que pronto podamos encontrar la luz al final del túnel derivado de la situación que estamos pasando, me gustaría comenzar, como es habitual, agradeciendo a los autores que han contribuido a la presente sección de la Revista, más, si cabe, en estos tiempos difíciles que estamos viviendo.

En la primera de las reseñas, Sergio Lozares nos presenta un interesante estudio de dosimetría en vivo en tratamientos de braquiterapia electrónica. Las otras dos propuestas preparadas para esta sección versan acerca de dos escenarios derivados del interés en la dosimetría de cristalino, a raíz fundamentalmente de la aplicación de la Directiva 2013/59/Euratom. Por ello, en la segunda de las revisiones, María Gracia nos propone un estudio que trata acerca de la correlación entre dosis equivalente en cristalino y el equivalente de dosis personal en procedimientos intervencionistas. Finalmente, en la tercera reseña, Ana Morcillo presenta un estudio de las dosis en cristalino en procedimientos de radiología intervencionista no cardiaca, tanto en pacientes pediátricos, como en adultos.

Aunque el número de reseñas presentadas en este caso es menor que anteriores ocasiones, la calidad extraordinaria de los trabajos incluidos hace que sea todo un lujo contar con los comentarios de sus autores, por lo que esperamos una vez más que los trabajos recogidos sean de vuestro interés. Agradeciendo una vez más su dedicación y tiempo a los autores, me despido deseando los mayores ánimos para todos.

Un fuerte abrazo.

---

\* Correspondencia  
Email: pclementegutierrez@gmail.com



## In vivo dosimetry in low-voltage IORT breast treatments with XR-RV3 radiochromic film

Lozares S, Font JA, Gandía A, Campos A, Flamarique S, Ibáñez R, Villa D, Alba V, Jiménez S, Hernández M, Casamayor C, Vicente I, Hernando E, Rubio P  
 Phys Med 2021;81:173-181. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2020.12.011>.

### Sergio Lozares Cordero

Servicio de Física y Protección Radiológica. Hospital Universitario Miguel Servet, Zaragoza.  
[slozares@salud.aragon.es](mailto:slozares@salud.aragon.es)

### ¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

Hola a todos, encantado de estar aquí comentando nuestros resultados. En el año 2015 se puso en marcha una unidad de braquiterapia electrónica (Axxent- Xoft Inc.-) en el H.U. Miguel Servet de Zaragoza. Comenzamos tratando mamas (radioterapia intraoperatoria) en casos seleccionados, tras cirugía, en el mismo quirófano en mayo de 2015. Posteriormente se iniciaron los tratamientos de endometrio y cérvix. Actualmente se realizan además sarcomas, pieles y estamos a punto de empezar con páncreas. Debido a lo diferente de la técnica y la incertidumbre del cálculo con fotones de baja energía, el hecho de intentar medir la dosis in vivo de una manera consistente siempre fue uno de nuestros objetivos. Al contar con experiencia en el manejo de películas radiocrómicas y siendo un detector ideal para colocar en el paciente hizo que arrancáramos el estudio. Algo similar realizamos en los pacientes ginecológicos colocando las películas en los aplicadores para verificar la dosis de prescripción.

### ¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

Sin duda una adecuada calibración de las películas. Utilizamos el modelo de película Gafchromic XR-RV3, en principio indicado para medir dosis en radiología intervencionista, pero con unas características de respuesta en energía y rango de dosis útil muy adecuadas para nuestro propósito.

La dosis de prescripción en el procedimiento de mama son 20 Gy, en sesión única, en la superficie del aplicador esférico que se coloca en el lecho tumoral, y la energía del equipo Axxent es 50 kVp.

Aun así, el objetivo principal era medir la dosis en piel de cada una de las pacientes objeto del estudio, a diferentes distancias de la fuente. Esto hace que el endurecimiento del haz sea diferente dependiendo de la distancia. Las dosis que se midiesen en piel iban a ser bastante bajas, con lo que una calibración poco adecuada adulteraría el resultado del estudio.

Solvamos este problema realizando diferentes curvas de calibración para cada una de las zonas de interés definidas, de esta forma, dependiendo del endurecimiento del haz en la zona de medida, se utilizaría una u otra curva de calibración para obtener la dosis.

### ¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

El resultado es que las dosis en piel en todos los casos, son más bajas de lo estimado por el planificador que calcula con el TG-43.

Algo ya esperado por resultados de trabajos anteriores, aunque con otros equipos de IORT diferentes y con otros modelos de detector.

Además, las dosis medidas en la zona de prescripción son iguales que las esperadas, y en este caso, acorde con lo calculado.

### ¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Las repercusiones... de momento algo habitual, una vez que se publica piensas, ¡a tomar por culo, última vez que me meto en este berenjenal! Aunque a fecha de hoy ya hay más cosas en marcha.

En cuanto a nuestros resultados nos dan más seguridad en el trabajo y abre un camino de cara a otras localizaciones que estamos tratando (sarcomas), en que conocer con precisión la dosis en órganos de riesgo circundantes es clave, además de por lo obvio, porque esos casos tienen más probabilidad de recidiva, con radioterapia externa son complicadas las re-irradiaciones en esos pacientes y con IORT el escenario es más esperanzador.



## Correlation between eye lens doses and over apron doses in interventional procedures

Gracia-Ochoa M, Candela-Juan C, Vilar-Palop J, Ruiz Rodríguez JC, Soriano Cruz A, Palma Copete JD, Pujades Claumarchirant MC, Llorca Domaica N  
 Phys Med 2020;77:10-17. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2020.07.025>.

### María Gracia Ochoa

Centro Nacional de Dosimetría (CND), Instituto Nacional de Gestión Sanitaria. Av. Campanar, 21. 46009, Valencia.  
[mgracia@ingesa.sanidad.gob.es](mailto:mgracia@ingesa.sanidad.gob.es)

### ¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

La Directiva 2013/59/EURATOM establece una reducción sustancial en el límite de dosis equivalente en cristalino para trabajadores expuestos, lo cual requiere un mayor control y, si es necesario, una mayor protección radiológica del personal que puede recibir dosis cercanas o superiores al nuevo límite de dosis.

En los últimos años, se han diseñado dosímetros específicos para controlar la dosis equivalente en cristalino. Sin embargo, aunque la situación ideal para estimarla es utilizar un dosímetro colocado lo más cerca posible del ojo más expuesto y, en caso de llevar gafas protectoras detrás de éstas, muchos trabajadores se muestran reacios a utilizarlo. Consecuentemente, sigue siendo una práctica aceptada a nivel internacional la estimación de dosis en cristalino a partir de un dosímetro colocado sobre el delantal, tanto a la altura del pecho como del cuello, aplicando los factores de corrección adecuados. Esta última metodología, en comparación con la primera, tiene la ventaja adicional de que la medida del dosímetro sobre el delantal se puede combinar con la medida del dosímetro de solapa (debajo del delantal) para tener una mejor estimación de la dosis efectiva.

Sin embargo, los factores geométricos correctivos publicados en la literatura presentan una dispersión significativa. El objetivo de este trabajo fue obtener, a través de un estudio multicéntrico, una correlación entre el equivalente de dosis personal  $H_p(3)$  en cristalino y el equivalente de dosis personal  $H_p(0.07)$  medido sobre el protector plomado de tiroides o a la altura aproximada del bolsillo del delantal. Esta correlación se evaluó para diferentes especialidades médicas que realizan procedimientos intervencionistas. La especialidad médica se utilizó como indicador del tipo de procedimientos realizados.

El estudio fue motivado por la participación de algunos de los autores en el Working Group 12 del Grupo Europeo de Dosimetría de las Radiaciones (EURADOS), donde se solicitaron más datos para otro estudio que se estaba llevando a cabo.

### ¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

El primer reto al que nos enfrentamos fue el diseño de un prototipo de dosímetro de cristalino calibrado para  $H_p(3)$ . Este dosímetro constaba de dos chips TLD-100 LiF: Mg, Ti, modelo EXT-RAD (Thermo Fisher Scientific, EE. UU.), intercalados entre dos filtros de teflón de 0,35 g/cm<sup>2</sup> de espesor. El conjunto se introdujo en un envoltorio estanco.

El siguiente reto fue obtener suficientes datos para poder realizar un análisis robusto. Para ello el estudio contó con 61 participantes de 11 instituciones diferentes agrupados en 5 especialidades: cirugía vascular, radiología vascular, radiología intervencionista, hemodinámica y neurorradiología. La dispersión de los datos se investigó a fondo y se consideró la hipótesis de que el factor geométrico podría diferir significativamente entre instituciones o incluso entre usuarios dentro de una misma institución. Sin embargo, esta hipótesis quedó descartada. Los valores atípicos, por tanto, se atribuyen a la mala colocación o el uso incorrecto (o falta de uso) de un dosímetro puntualmente o a lo largo del periodo de uso de este, así como la disparidad en las geometrías de exposición.

### ¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

Este trabajo aporta, a partir de un estudio controlado en 11 hospitales diferentes, los factores de corrección geométrica para distintas especialidades médicas que realizan procedimientos intervencionistas, tanto para los dosímetros utilizados a nivel del pecho como del cuello. No se han encontrado diferencias significativas entre

hospitales, por lo que estos resultados son lo suficientemente sólidos como para ser utilizados como referencia en otros lugares en los que todavía no se dispone de factores correctivos propios.

Por otro lado, se comprobó que el producto dosis-área registrado manualmente al final de cada intervención no calcula consistentemente la dosis equivalente en cristalino. Además, no es un método efectivo en la práctica diaria, ya que presenta inconsistencias incluso en circunstancias controladas como las presentadas en este estudio.

### ¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

El estudio concluyó que el dosímetro colocado a la altura del pecho sobre el delantal plomado proporciona una estimación fiable de la dosis del cristalino, en situaciones en las que es poco probable que se supere el límite de dosis establecido, con los factores de corrección geométricos informados en el presente estudio y el factor de corrección adicional de atenuación de las gafas protectoras (si corresponde). Cabe señalar que la incertidumbre en la estimación del equivalente de dosis personal en cristalino por este método es mayor que una medida directa utilizando un dosímetro de  $H_p(3)$  cerca del ojo. Si el trabajador expuesto está cerca del nuevo límite de dosis para el cristalino, probablemente una medida directa sea más adecuada para asegurar el cumplimiento. Sin embargo, según los usuarios, usar un dosímetro de delantal a la altura del pecho es la solución más cómoda para los trabajadores expuestos, por lo que es más probable que lo usen con regularidad.



### Occupational doses to the eye lens in pediatric and adult noncardiac interventional radiology procedures

Morcillo AB, Alejo L, Huerga C, Bayón J, Marín A, Corredoira E, Novo JR, Hernández T, Ponce MD, Garzón G, Vañó E, Guibelalde E  
 Med Phys 2021; <https://doi.org/10.1002/mp.14753>

#### Ana B. Morcillo García

Residente 3, Servicio de Radiofísica y Radioprotección H.U. La Paz.  
[amorcillo@salud.madrid.org](mailto:amorcillo@salud.madrid.org)

### ¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

A raíz de la declaración de la ICRP de 2011 recomendando la reducción del límite ocupacional de dosis equivalente en cristalino a 20 mSv/año, y muy especialmente, tras la publicación de la directiva 2013/59/Euratom, en la que se legisló dicha reducción, se generó mucho interés por evaluar la dosis en cristalino de los trabajadores expuestos, que por supuesto, nosotros compartimos.

Por otra parte, el Hospital Universitario La Paz es uno de los centros pediátricos más importantes del país. En concreto es centro de referencia nacional de 25 patologías pediátricas y coordina la Red de Referencia Europea de Trasplantes Infantiles "TransplantChild". Esto hace que anualmente se realice un número muy elevado de procedimientos intervencionistas pediátricos, que en el caso del Servicio de Radiología Vascolar Intervencionista puede suponer hasta el 20% de la carga de trabajo de algunos facultativos.

En este contexto, ya en 2015 el Dr. Luis Alejo se interesó por evaluar la dosis en cristalino en los procedimientos pediátricos en el ámbito de la Cardiología Intervencionista logrando una beca para proyectos de investigación Dr. Luis Álvarez y desarrollando su tesis doctoral en este tema. Continuando con esta línea de investigación, nos propusimos a continuación extender el proyecto al ámbito de la Radiología Intervencionista no cardiaca.

A diferencia de mucha de la literatura previa, que utiliza maniqués o cálculos de Monte-Carlo para la estimación de la dosis ocupacional en cristalino, nos propusimos realizar un estudio in-vivo, para lo que contamos con la colaboración de tres radiólogos intervencionistas del hospital. Durante 17 meses, monitorizamos con 6 dosímetros de fotoluminiscencia la radiación recibida por dentro y por fuera de las gafas plomadas, usando dos conjuntos distintos de dosímetros para procedimientos pediátricos y de adultos. También monitorizamos la dosis recibida sobre el protector de tiroides y sobre el delantal plomado a la altura del pecho.

Este montaje experimental nos permitió medir la dosis anual real en cristalino, en lugar de evaluarla a partir de unos pocos procedimientos y extrapolarla según la carga anual estimada. Además, pudimos analizar la correlación entre las dosis recibidas a la altura del cristalino, tiroides y pecho y, lo más novedoso, evaluar las diferencias en la exposición del cristalino en procedimientos pediátricos y de adultos.

### ¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

Buena parte de las dificultades relacionadas con la utilización de dosímetros de fotoluminiscencia, en términos de evaluación de la dependencia angular y energética y de cálculo de incertidumbres, habían sido ya previamente resueltas por el Dr. Alejo en fases anteriores del proyecto. Por lo tanto, diría que en este trabajo el principal reto fue la gestión organizativa de la dosimetría (en total se manejaron 81 dosímetros, que debían ser cambiados y leídos regularmente sin que se mezclasen o se confundiese su posición) y el manejo de todos los datos generados.

Además de los datos dosimétricos, se puso en marcha una base de datos donde los miembros del Servicio de Radiología Vasculare Intervencionista, tanto facultativos como técnicos de radiodiagnóstico, recogieron diariamente multitud de información (desde el uso de los elementos de protección, como los datos del paciente o la información dosimétrica del equipo). El mantenimiento actualizado de esta base de datos fue un reto para todos y desde aquí quisiéramos agradecer su implicación y colaboración.

### ¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

Las lecturas anuales nos mostraron que en Radiología Intervencionista existe el riesgo de superar el límite anual de 20 mSv en cristalino si no se utilizan gafas plomadas. Además, incluso aunque se usen gafas plomadas, los radiólogos intervencionistas pueden superar fácilmente el umbral de 6 mSv/año, que es el límite propuesto por la IRPA por encima del cual es recomendable estimar la dosis en cristalino mediante dosímetros colocados en el cuello o cabeza. En este sentido, los buenos resultados obtenidos en el análisis de las correlaciones indican que sería posible utilizar un dosímetro colocado sobre el protector de tiroides para estimar la dosis en cristalino pero debería ir en todo caso precedido de un análisis previo individual para cada profesional puesto que encontramos factores de paso tiroides-cristalino muy diferentes para cada radiólogo. Para uno de los radiólogos encontramos factores de paso superiores a 1, lo que indica que la medida en delantal o en tiroides no es siempre una estimación conservadora de la dosis en cristalino.

Evaluamos también la protección proporcionada por las gafas plomadas, observando factores de atenuación inferiores a los calculados en trabajos previos basados en el uso de maniquís o cálculos de Monte-Carlo, especialmente para el ojo derecho.

Por último, al comparar procedimientos pediátricos y de adultos observamos que la dosis en cristalino normalizada al producto dosis-área es 4.1 – 4.5 veces mayor en los procedimientos pediátricos; sin embargo, encontramos que la dosis por procedimiento es similar para cada radiólogo independientemente del tipo de paciente. Pensamos que aunque se necesita menos radiación y existe menos radiación dispersa por el menor tamaño de los pacientes pediátricos, los radiólogos trabajar más cerca del paciente y reciben mayores dosis por producto dosis-área. Sin embargo, como el producto dosis-área total suele ser mayor en procedimientos de adultos, la dosis en cristalino total por procedimiento acaba siendo muy similar en ambos casos.

### ¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

En nuestra opinión, los resultados del trabajo evidencian la necesidad de favorecer el uso de gafas plomadas y la conveniencia de monitorizar la dosis en cristalino en este tipo de trabajadores. Creemos que la metodología empleada en este trabajo puede ser de utilidad para otros servicios de Radiofísica que busquen una forma práctica y viable de llevar a cabo una dosimetría de cristalino en sus hospitales.

Por otra parte, los resultados obtenidos en Radiología Intervencionista Pediátrica contradicen la creencia extendida de que los trabajadores están menos expuestos en los procedimientos pediátricos por la menor radiación requerida. En nuestra opinión las medidas de protección radiológica deberían aplicarse en la misma medida en procedimientos pediátricos y de adultos.