

# DOSIMETRÍA A PACIENTES SOMETIDOS A TÉCNICAS DE BRAQUITERAPIA INTRACORONARIA

C. Prieto<sup>1</sup>, E. Vañó<sup>1,2</sup>, J.M. Fernández<sup>1,2</sup>, M. Sabaté<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Servicio de Física Médica. Hospital Clínico San Carlos. 28040 Madrid. firmed@hsc.insalud.es

<sup>2</sup> Cátedra de Física Médica. Facultad de Medicina. Universidad Complutense. 28040 Madrid.

<sup>3</sup> Servicio de Cardiología Intervencionista. Hospital Clínico San Carlos. 28040 Madrid.

**Palabras clave:** Braquiterapia Intracoronaria, IVUS, Dosimetría, Histograma dosis-superficie, Reestenosis.

## RESUMEN

La Braquiterapia Intravascular se está perfilando como una técnica prometedora en la reducción de la tasa de reestenosis tras intervencionismo vascular percutáneo. Sin embargo, no se conocen suficientemente ni la dosis adecuada, ni la distribución de dosis espacial y temporal óptima en la pared del vaso para un tratamiento eficaz. En este trabajo presentamos la metodología que hemos adoptado en la evaluación dosimétrica de los tratamientos con esta técnica.

## INTRODUCCIÓN

Una de las últimas aplicaciones en medicina de la braquiterapia es la Braquiterapia Intravascular, para reducir la reestenosis después del intervencionismo vascular percutáneo [1]. Si la zona a tratar está en las coronarias, se habla de Braquiterapia Intracoronaria (BIC). El tratamiento puede realizarse tanto con fuentes  $\gamma$  como con fuentes  $\beta$ , aunque en Europa son estas últimas las más ampliamente utilizadas.

La dosimetría de las fuentes  $\beta$  utilizadas en BIC es un problema difícil para los radiofísicos debido a las cortas distancias y los altos gradientes de dosis implicados[1]. Esto conlleva imprecisiones en el cálculo de dosis mucho mayores que las habituales en radioterapia con haces externos o en braquiterapia convencional. Otras dificultades son:

- Asimetría en el grosor de la pared del vaso tanto en un único corte transversal como a lo largo de la zona a tratar.
- Evaluación de técnicas de “stepping” en las que se coloca la fuente en varias posiciones consecutivas para tratar lesiones largas.
- Evaluación del efecto borde o aparición de una tasa mayor de reestenosis en los bordes de la lesión.
- Presencia de calcificaciones que absorben de forma significativamente más importante la radiación (especialmente para el caso de radiación  $\beta$ ) que el tejido normal.
- Localización de la fuente dentro del lumen (para el caso de sistemas con fuentes no centradas) y correlación entre la imagen angiográfica y la imagen de ultrasonidos

para determinar la posición longitudinal de la fuente en el vaso y el grado de solapamiento o separación en técnicas de “stepping”.

- Movimiento radial y longitudinal de la fuente respecto al vaso con el movimiento cardiaco.
- Presencia de prótesis metálicas o “stents” que podrían atenuar la radiación de forma importante.

Además hay una importante incertidumbre en la determinación del volumen blanco, en el posicionamiento de la fuente y no se cuenta con planificadores adecuados para este tipo de técnicas.

En cualquier caso debe tratar de conseguirse la irradiación de todo el volumen blanco con al menos un mínimo de dosis “útil” y sin sobrepasar la dosis de tolerancia del tejido normal. Dicha “ventana terapéutica” parece ir desde los 8 a los 40 Gy [2].

A la dificultad de la dosimetría con fuentes  $\beta$  se une la gran variedad de sistemas que han aparecido en el mercado: fuentes en forma de hilos flexibles, cuentas, balones con paredes radiactivas o rellenos con un líquido o un gas radiactivo y stents radiactivos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los sistemas de BIC existentes actualmente en el Hospital Clínico San Carlos son el sistema  $\beta$ -Cath<sup>TM</sup>, Novoste Corp., Norcross, GA (sistema manual, no centrado, con cuentas de  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$  que se impulsan hidráulicamente y con una longitud activa de 30 mm, 40 mm y, en breve, también de 60 mm) y el sistema Galileo<sup>TM</sup>, Guidant Corp., Houston, TX, USA (sistema automático, centrado, con una fuente de  $^{32}\text{P}$  y una longitud activa de 27 mm).

Los procedimientos habitualmente seguidos para la dosimetría física y calibración de las fuentes han sido fundamentalmente los del “Task Group” 60 de la American Association of Physicists in Medicine (AAPM TG-43) [3], utilizando para ello películas radiocrómicas [4] y una cámara de pozo especialmente calibrada para el caso del sistema Galileo.

La dosis prescrita es de 20 Gy a 1 mm dentro de la pared del vaso de referencia para el caso del sistema Galileo y de entre 16 y 25 Gy a 2 mm de la fuente dependiendo del diámetro del vaso y de la presencia o no de stent para el caso del sistema Novoste.

Se obtienen imágenes de IVUS (Intravascular Ultrasounds) de la pared del vaso tras la angioplastia mediante el sistema ClearView<sup>TM</sup> (CardioVascular Imaging Systems [CVIS], Sunnyvale, CA) de Boston Scientific (Maple Grove, MN, USA), con catéter Atlantis<sup>TM</sup> SR operando a 40 MHz. Estas imágenes permiten localizar la íntima y la

adventicia en cortes transversales cada 0.2 mm a lo largo de toda la zona dañada por el balón.

El programa EchoView™ de TOMTEC Imaging Systems (Munich, Alemania) permite el contorneo semiautomático de íntima y adventicia. El que este contorneo no sea totalmente automático, obliga a que el cálculo detallado sea retrospectivo. Los contornos de estas dos superficies se utilizan como entrada a un programa desarrollado por Jeroen Massar en el Daniel den Hoed Hospital-Thorax Center de Rotterdam, que se encarga de trazar 24 radios equiespaciados por corte y medir para cada uno de ellos la distancia desde la fuente a la pared de la íntima y a la de la adventicia. La posición de la fuente será el centro del lumen para el sistema Galileo y se supone que coincide con la posición del catéter de IVUS para el sistema  $\beta$ -Cath. Así se obtienen  $24 \times 2 \times (n^\circ \text{ de cortes})$  datos por paciente (en total entre 10000 y 20000 datos de distancia para el cálculo según la longitud de la lesión), que se exportan a un fichero ASCII (American national Standard Code for Information Interchange). Este fichero ASCII es leído por un programa desarrollado en el Servicio de Física Médica del Hospital Clínico San Carlos que se encarga de realizar el cálculo dosimétrico en el que, por ahora, sólo se tiene en cuenta la curva de rendimiento en profundidad, es decir, no se tiene en cuenta el perfil de dosis a lo largo de la fuente. Del mismo modo, no se realiza corrección por acumulaciones de Ca o presencia de "stent", es decir, se considera que todo el medio es homogéneo y equivalente a agua. Con los resultados de la dosimetría se elabora el histograma dosis-superficie y curvas de isodosis en adventicia e íntima.

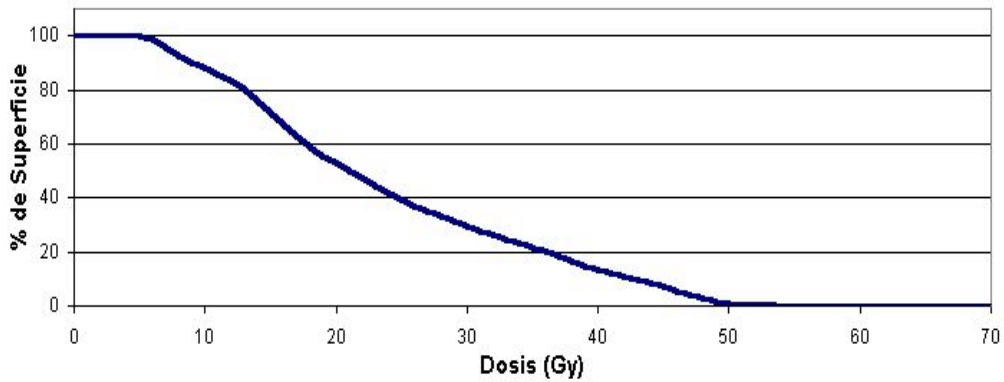
Hasta el momento no hay planificadores adecuados para las técnicas de BIC con emisores  $\beta$  y la dosimetría habitual en estas técnicas consisten en una dosimetría en un único punto. Sin embargo, utilizando imágenes de IVUS, puede realizarse una dosimetría más precisa (asumiendo, eso sí, las incertidumbres propias de la técnica). Así hemos desarrollado un programa que evalúa los resultados dosimétricos de estos tratamientos con histogramas dosis-superficie y con curvas de isodosis en la superficie de íntima y adventicia.

## RESULTADOS

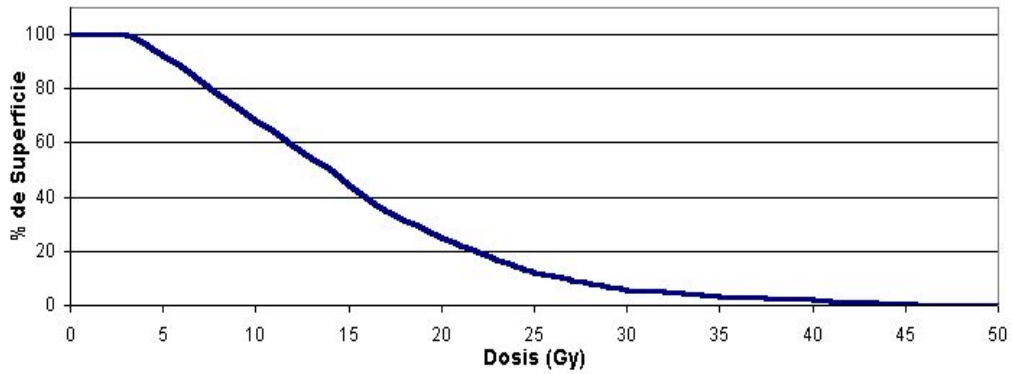
En la figura 1 se muestran, como ejemplo de resultados, los histogramas dosis-superficie en íntima y adventicia para un paciente. Como puede observarse, los histogramas dosis-superficie son muy diferentes a los habituales en radioterapia, ya que tienen una bajada muy suave con dosis hasta 4 veces mayores que la prescrita.

Figura 1: Histograma dosis-superficie en íntima y adventicia de un tratamiento de BIC con el sistema  $\beta$ -Cath de Novoste.

**Histograma Dosis-Superficie (Intima)**

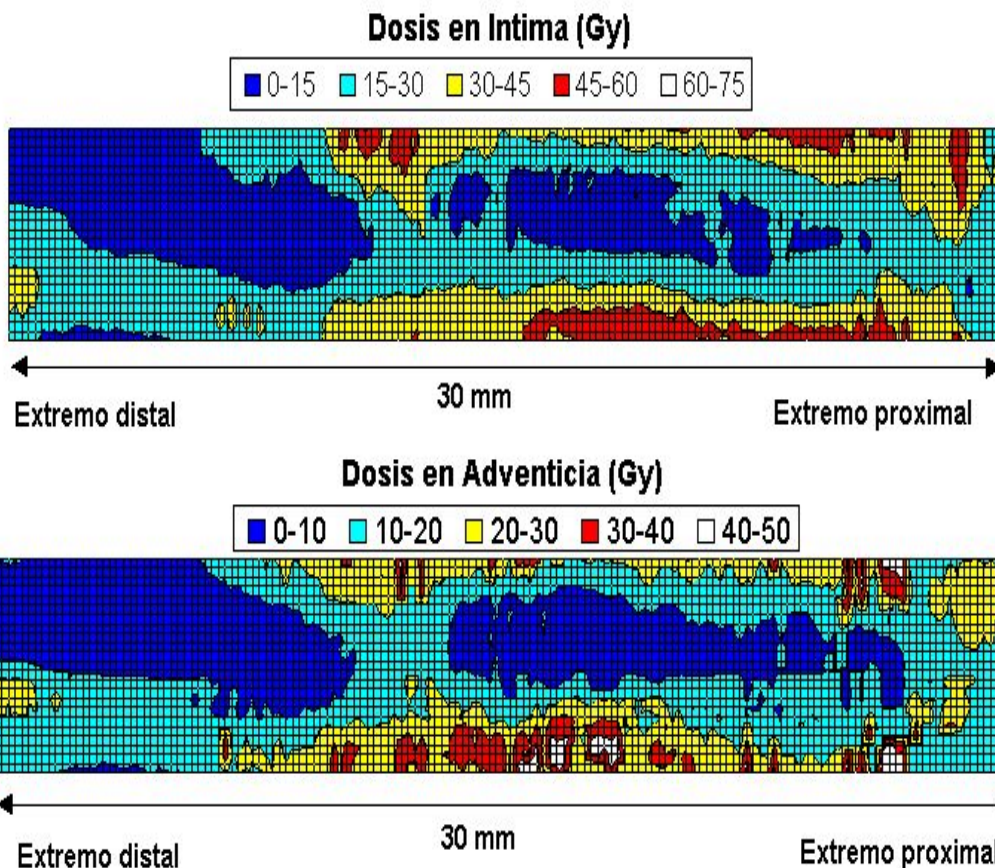


**Histograma Dosis-Superficie (Adventicia)**



En la figura 2 se muestran las curvas de isodosis en la superficie de la íntima y de la adventicia. Nuevamente destaca la fuerte inhomogeneidad de dosis inherente al sistema utilizado. Estas curvas permiten localizar zonas de alta dosis y zona de baja dosis que se podrán correlacionar con efectos clínicos futuros y permitirán seguir avanzando en el estudio de la dosis y homogeneidad necesarios para este tipo de tratamientos.

Figura 2: Curvas de isodosis en íntima y adventicia en el mismo tratamiento de BIC al que se refiere la curva 1.



La combinación de imágenes de IVUS con contorno automático y cálculo de Histogramas dosis-superficie y curvas de isodosis permitirá que la prescripción de dosis y la dosis realmente impartida sean más precisas.

## CONCLUSIONES

1. Las grandes incertidumbres que actualmente hay en los tratamientos de BIC exigen una investigación profunda y detallada de las múltiples variables que influyen en la técnica. Sólo el camino de una dosimetría lo más precisa posible conducirá a una optimización del tratamiento y, por tanto, de los resultados.
2. La definición precisa del volumen de tratamiento y de una dosimetría precisa exige la obtención de imágenes de cortes transversales del vaso, siendo IVUS la técnica más adecuada.
3. El programa de evaluación dosimétrica desarrollado en el Hospital Clínico San Carlos, permite visualizar de forma rápida la distribución de dosis en íntima y adventicia y permitirá correlacionar dosis con efectos clínicos futuros. Esto permitirá afinar en la búsqueda de la dosis óptima y de la distribución de dosis admisible para este tipo de técnicas.

4. Dado que parece que la adventicia es el volumen blanco, el uso de imágenes de IVUS podría permitir la prescripción de dosis en adventicia en vez de únicamente en función del diámetro luminal.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] M. Sabaté, M.A. Costa, P.W. Serruys. Chapter 24: European Clinical Trials. Handbook of Vascular Brachytherapy. Second Edition. 2000.
  - [2] P. Teirstein, V. Massullo, S. Jani et al. A subgroup analysis of the Scripps coronary radiation to inhibit proliferation prostenting trial. Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 1998; 42: 1097-1104.
  - [3] R. Nath, H. Amols, C. Coffey, D. Duggan, et al. Intravascular brachytherapy physics: Report of the AAPM Raditation Therapy Committee Task Group No. 60. Med. Phys 1999; 26: 119-152.
  - [4] A. Niroomand-Rad, C. Robert, B.M. Cousey et al. Radiochromic film dosimetry: Recommendations of AAPM Radiation Committee Task Group 55. Med. Phys. 1998; 25: 2095-2115.
-