

Validación dosimétrica del sistema de planeación Eclipse 10 en tratamientos de irradiación parcial de mama con IMRT

Velázquez-Trejo José de Jesús, Gutiérrez-Márquez Jesús Gerardo,
Ortiz-Arce Cindy Sharon, Chagoya-González Alejandro, Gutiérrez-Castillo José Gerardo.

Departamentos de Física Médica y Radioterapia, Unidad Médica de Alta Especialidad
“Hospital de Oncología” Centro Médico Nacional Siglo XXI.
Instituto Mexicano del Seguro Social.
Av. Cuauhtémoc 330, 03020 México, DF., E-mail: jvelaesfm@gmail.com

Resumen

La irradiación parcial de mama es una nueva modalidad de radioterapia externa para el tratamiento de cáncer de mama en etapas clínicas tempranas. Consiste en administrar al lecho quirúrgico altas dosis de radiación en pocas sesiones de tratamiento. En este trabajo se compararon los cálculos de dosis del sistema de planeación Eclipse versión 10 para un tratamiento de irradiación parcial de mama con haces de rayos X (6MV) de intensidad modulada contra las medidas realizadas con dosímetros OSL y película de tinte radiocrómico (PTR). Se utilizó un maniquí antropomórfico en el que se colocaron OSL cerca de su superficie, y en su interior una placa de PTR; con ésta última se midió una distribución de dosis bidimensional. Previamente los dosímetros fueron calibrados irradiándolos con un haz de rayos X de 6MV bajo las condiciones indicadas en el protocolo IAEA-398. Los OSL fueron leídos en el equipo Microstar de Landauer, las PTR se leyeron con un escáner EPSON 10000XL y se analizaron con los programas FilmCal y Verisoft de PTW. Las diferencias entre la dosis medida y la calculada fueron las siguientes: $3.6\pm 1\%$ para el OSL y $96.3\pm 1\%$ de los puntos analizados aprobaron el criterio índice gamma (3%, 3mm) al comparar las matrices de dosis calculadas y medidas con la PTR. Estos resultados confirman el buen desempeño dosimétrico del sistema de planeación empleado bajo las condiciones específicas utilizadas en la técnica de irradiación parcial de mama.

Keywords: IMRT, OSL, radiocrómico, dosimetría

1.- INTRODUCCIÓN

El cáncer de mama es actualmente un problema de salud pública a nivel mundial, siendo el cáncer más frecuente en la mujer y la segunda causa de muerte en la mujer, con un riesgo de presentar cáncer de mama durante la vida de aproximadamente el 12.29 %; se estima que en el 2016 en EU habrán 232 340 casos nuevos y 39 620 muertes por esta enfermedad: de estos, hasta el 61% se diagnostican en etapa clínica temprana (Cancer Institute 2013). En México, en el 2006, el cáncer de mama se convirtió en la segunda causa de muerte entre mujeres entre 34 y 54 años (INEGI 2006), con una incidencia de 13,939 casos y una mortalidad de 5,217. En etapas clínicas tempranas es posible realizar cirugías conservadoras (CC) en las que únicamente se realiza la extracción del tumor, seguida de radioterapia externa a la mama, con lo que se ha demostrado una disminución en el riesgo de recurrencia local (Veronesi U, Marubini E 2001; The START Trialists' Group 2011) La radioterapia convencional posterior a cirugía conservadora consiste en administrar de 25 hasta 36 sesiones (cada una de 2 Gy) a la mama completa con teleterapia usando aceleradores lineales generadores de rayos X, mediante el uso de campos tangenciales.

Actualmente existen protocolos en los que la radioterapia posterior a cirugía se administra con esquemas hipo-fraccionados, en los que se reduce considerablemente el número de sesiones, y se aumenta la dosis en cada una de ellas (Owen JR, Ashton A 2006). La irradiación parcial de mama (IPM) es un hipofraccionamiento localizado sólo al lecho quirúrgico. Algunos autores (Moon et al. 2009) ha demostrado que el fraccionamiento de 30 Gy en 5 fracciones (6 Gy por fracción) ofrece resultados clínicos aceptables; cabe resaltar que para IPM la paciente es tratada en decúbito ventral, esto para disminuir las inexactitudes causadas por los movimientos respiratorios. Los haces de rayos X modulados generados con acelerador lineal (IMRT) son utilizados para impartir estas técnicas (Oliver et al. 2007; Livi et al. 2010; Moon et al. 2009).

Para poder usar IMRT se requiere un sistema de planeación (TPS) con algoritmos de optimización y cálculo de dosis, así como un acelerador lineal con colimador multi-

láminas (MLC). La modulación del haz se logra con el movimiento de cada una de las láminas del MLC, los patrones de movimiento son previamente generados por los algoritmos del sistema de planeación.

Como parte del programa de control de calidad en un centro de radioterapia es recomendable verificar que el sistema de planeación realice los cálculos de dosis de manera adecuada, especialmente en tratamientos complejos o no convencionales como IMRT, VMAT ó radiocirugía. Una forma de realizar esta verificación es medir la dosis entregada en un maniquí (que simule geométrica y radiológicamente a un paciente) y compararla con los respectivos cálculos del sistema de planeación (Low et al. 2011).

El uso de la técnica IPM en conjunto con haces de IMRT es un tratamiento no convencional debido a la alta dosis por fracción entregada (6 Gy), la geometría cónica de la mama, la poca profundidad (<4 cm) de los lechos quirúrgicos y mama sana, así como el complejo

movimiento de las

El objetivo de este trabajo es verificar el desempeño dosimétrico del sistema de planeación Eclipse 10 que tenemos en nuestro centro de trabajo; bajo las condiciones específicas de la IPM, usando la modalidad de IMRT.

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema de planeación evaluado fue Eclipse 10 (creado por Varian), que a su vez tiene incorporado el algoritmo de cálculo de dosis AAA. Se empleó un maniquí antropomórfico femenino (RANDO), al que se le administró una sesión de tratamiento de IPM, para realizar la mediciones de dosis se utilizaron dosímetros tipo OSL (de Landauer) y película de tinte radiocrómico (PTR) modelo EBT2 de Gafchromic. Todas las irradiaciones se llevaron a cabo en un acelerador lineal Varian modelo iX en la modalidad de rayos X de 6MV. Las mediciones puntuales con los OSL y las distribuciones de dosis bidimensionales de la PTR se compararon con los cálculos del sistema Eclipse. Los detalles de los

procedimientos se encuentran en las siguientes subsecciones. Todas las irradiaciones y experimentos enunciados se repitieron tres veces.

2.1.-Calibración de los dosímetros OSL y película de tinte radiocrómico.

Los dosímetros fueron calibrados bajo las condiciones indicadas en el protocolo internacional 398 (IAEA 2005) bajo el haz de rayos X de 6 MV.

La curva de calibración (dosis vs cuentas) de los dosímetros OSL constó de cuatro puntos en el intervalo de 0 Gy (fondo) a 8 Gy, el equipo modelo Microstar de Landauer fue utilizado para la lectura de éstos dosímetros.

Las PTR se leyeron con un escáner EPSON 10000XL y se analizaron con el programa FilmCal de PTW. El protocolo para la generación las imágenes fue el siguiente: formato TIFF en RGB con profundidad de color de 48 bits y resolución espacial de 300 dpi. Las imágenes obtenidas se analizaron en el canal rojo. En este trabajo se siguieron varias de las recomendaciones propuestas por múltiples autores (Lynch et al. 2006; Devic et al. 2005; Devic et al. 2010; Ferreira et al. 2009) para el manejo de la PTR. La curva de calibración (dosis vs intensidad de gris de pixeles) constó de 25 puntos de dosis en un intervalo de 0 Gy a 7 Gy.

2.2.- Diseño experimental y metodología para la evaluación dosimétrica del sistema de planeación.

Se realizó una tomografía axial computarizada del maniquí RANDO, las imágenes se enviaron al TPS Eclipse, sobre las mismas se realizó un plan de tratamiento con seis campos de IMRT (Figura 1) con una dosis de prescripción de 6 Gy. El plan de tratamiento fue idéntico al de una paciente en el que previamente un médico radioncólogo delineó el lecho quirúrgico y estructuras sanas. Dentro del maniquí se colocó una placa de película de tinte radiocrómico que se cortó de manera circular para hacerla coincidir con la geometría de la mama del maniquí usado (Figura 2). Además se colocaron dos cristales de OSL en dos puntos diferentes (A y B) cerca (≈ 1.5 cm) de la superficie del maniquí. En el

acelerador lineal (LINAC) se administró el tratamiento al maniquí (Figuras 3 y 4) de acuerdo a los parámetros planificados en el TPS.

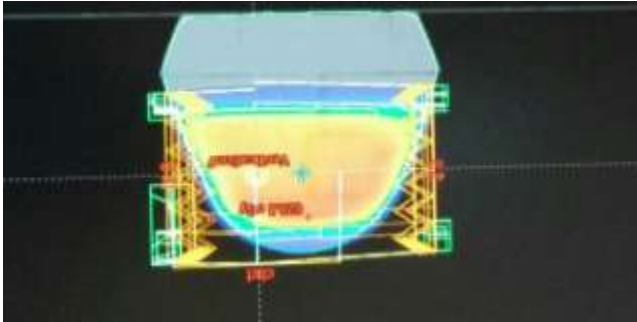


Figura 1.- Imagen del TPS en la que se muestra la distribución de dosis calculada sobre el maniquí.



Figura 2.- Maniquí antropomórfico con forma de mama dentro del cual se colocó una PTR.



Figura 3.- Maniquí en posición prona previo a la irradiación con LINAC.



Figura 4.- Maniquí en posición prona previo a la irradiación con LINAC.

Las PTR irradiadas se leyeron con el Escáner EPSON 10000XL, con el programa FilmCalc se les aplicó la curva de calibración (Figura 6) obtenida mediante el procedimiento descrito en la sección 2.1, obteniendo así distribuciones de dosis bidimensionales impartidas sobre el maniquí. Éstas últimas se compararon con la distribución calculada por el TPS en ese mismo corte. La comparación se realizó en términos del criterio índice gamma (Low et al. 1998; Low et al. 2011) con tolerancias 3%, 3mm, para lo cual se usó el programa Verisoft 5.1 de PTW.

Los OSL se leyeron con el equipo Microstar, las lecturas obtenidas fueron correlacionadas a valores de dosis mediante la curva de calibración (Figura 5) obtenida en la sección 2.1. La dosis medida con el OSL se comparó directamente contra la dosis calculada por el TPS.

3.- RESULTADOS

Las curvas de calibración de la PTR y el OSL se muestran en las figuras 5 y 6, estas curvas fueron generadas con las herramientas de los programas FilmCal y Microstar; son usadas por éstos para correlacionar los valores de intensidades de gris y cuentas con valores de dosis.

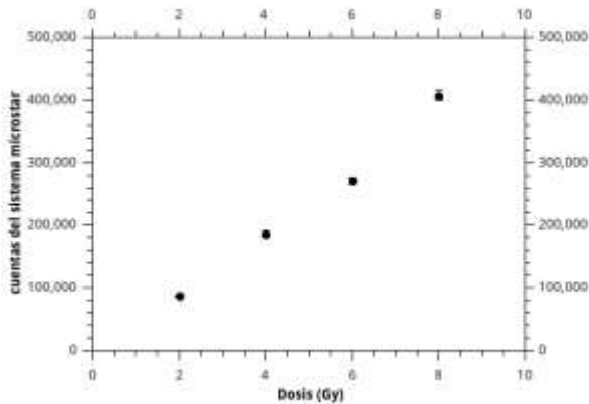


Figura 5.- Curva de calibración obtenida para los dosímetros OSL.

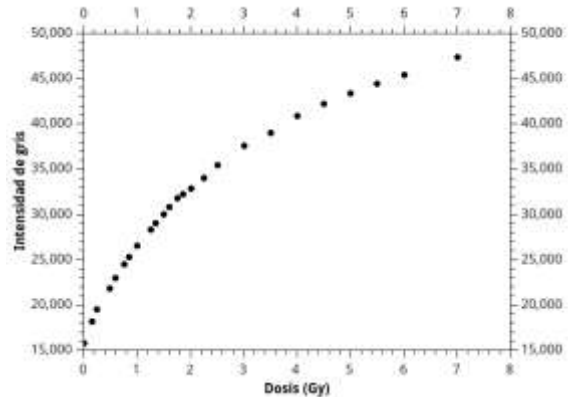


Figura 6: Curva de calibración obtenida para la PTR.

En las figuras 8 y 7 se observan las distribuciones la distribución de dosis medidas con la PTR y calculadas con el TPS, respectivamente.

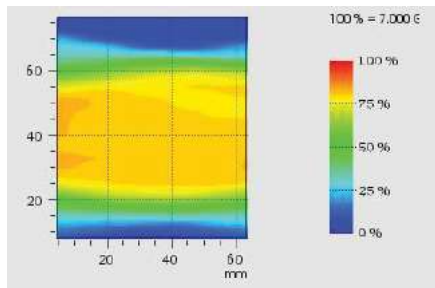


Figura 7.- Distribución de dosis calculada por el TPS en el plano de la PTR.

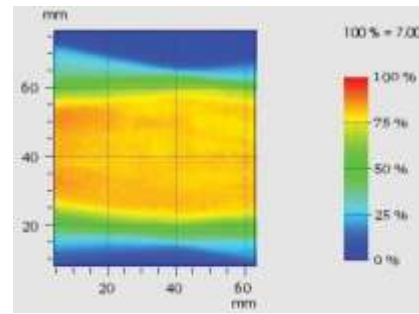


Figura 8.- Distribución de dosis medida con la PTR.

La figura 9 muestra la distribución de valores índice gamma (3%, 3 mm) obtenida al realizar la comparación entre ambas distribuciones. El código de colores indica el valor de índice gamma asociado a cada punto, se considera aprobatorio el criterio si dicho valor es menor a 1. Se obtuvo que $96.3 \pm 1\%$ de los puntos analizados aprobaron el criterio.

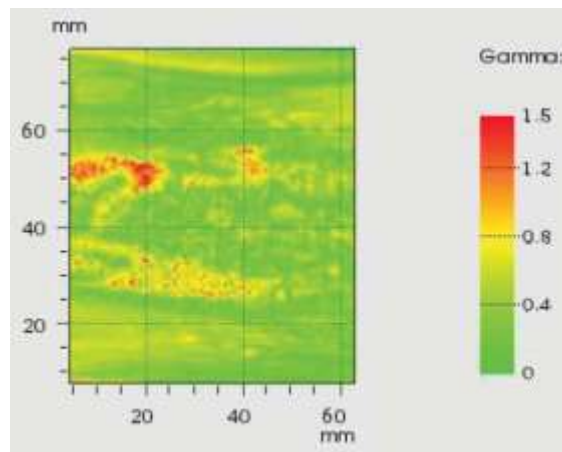


Figura 9.- Distribución de índices gamma generados en la comparación de las distribuciones medidas y calculadas.

La comparación entre las medidas con el OSL y los valores de dosis del TPS se muestran en la tabla 1, para los puntos A y B.

Tabla 1.- Valores de dosis medidos con los OSL y calculados por el TPS.

Punto analizado	Dosis medida OSL (Gy)	Dosis calculada TPS (Gy)	Diferencia porcentual
A	5.2±0.04	5.07	2.5%
B	5.15±0.1	4.9	4.7%

4.-DISCUSIÓN

El análisis con el criterio índice gamma muestra que las distribuciones de dosis presentan alta similitud, esto debido a que la mayor parte de los puntos no difiere en más del 3% en valor de dosis y espacialmente son muy cercanos (< 3 mm). De acuerdo al criterio de Stock (Stock et al. 2005) los resultados obtenidos indican que la verificación realizada es aceptable.

Por otro lado el OSL nos permitió verificar que la dosis impartida en regiones cercanas a la superficie del maniquí es acorde a los cálculos del TPS, para el caso del punto B la diferencia fue del 4.7%, esta discrepancia se asocia a la cercanía de la superficie, pocos puntos usados en la curva de calibración y a que en general las condiciones experimentales no fueron rigurosas en el uso del OSL. Tomando en cuenta todo ello este valor se considera aceptable.

4.-CONCLUSIONES

En este trabajo se verificó el desempeño dosimétrico del sistema de planeación Eclipse 10 para el caso particular de tratamientos de irradiación parcial de mama con IMRT. La verificación se llevó a cabo mediante medidas en un maniquí antropomórfico usando dosímetros OSL y película de tinte radiocrómico. Las desviaciones entre la dosis medida con éstos y el TPS se encontraron en tolerancia, con lo que se comprueba que los algoritmos de optimización y cálculo de dosis del TPS se comportan de manera adecuada

en las condiciones no convencionales específicas de la irradiación parcial de mama. Con ello se contribuye a garantizar la correcta administración de la dosis en este tipo de tratamientos.

REFERENCIAS

- Cancer Institute, N.C., 2013. *Surveillance Epidemiology and End Results (SEER)*,
- Devic, S. et al., 2010. Absorption spectra time evolution of EBT-2 model GAFCHROMIC™ film_Medical Physics. , pp.2207–2214.
- Devic, S. et al., 2005. Precise radiochromic film dosimetry using a flat-bed document scanner. *Medical physics*, 32(7), pp.2245–2253.
- Ferreira, B.C., Lopes, M.C. & Capela, M., 2009. Evaluation of an Epson flatbed scanner to read Gafchromic EBT films for radiation dosimetry. *Physics in medicine and biology*, 54(4), pp.1073–1085.
- IAEA, 2005. *Determinación de la dosis absorbida en radioterapia con haces externos*, VIENA.
- INEGI, 2006. *No Title*,
- Livi, L. et al., 2010. Accelerated Partial Breast Irradiation With IMRT: New Technical Approach and Interim Analysis of Acute Toxicity in a Phase III Randomized Clinical Trial. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, 77(2), pp.509–515.
- Low, D. a et al., 1998. A technique for the quantitative evaluation of dose distributions. *Medical physics*, 25(5), pp.656–661.
- Low, D. a et al., 2011. Dosimetry tools and techniques for IMRT. *Medical physics*, 38(3), pp.1313–1338.
- Lynch, B.D. et al., 2006. Important considerations for radiochromic film dosimetry with flatbed CCD scanners and EBT GAFCHROMIC film. *Medical physics*, 33(12), pp.4551–4556.

- Moon, S.H. et al., 2009. Dosimetric comparison of four different external beam partial breast irradiation techniques: Three-dimensional conformal radiotherapy, intensity-modulated radiotherapy, helical tomotherapy, and proton beam therapy. *Radiotherapy and Oncology*, 90(1), pp.66–73. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.radonc.2008.09.027>.
- Oliver, M. et al., 2007. A treatment planning study comparing whole breast radiation therapy against conformal, IMRT and tomotherapy for accelerated partial breast irradiation. *Radiotherapy and Oncology*, 82(3), pp.317–323.
- Owen JR, Ashton A, et al., 2006. Effect of radiotherapy fraction size on tumour control in patients with early-stage breast cancer after local tumour excision: long-term results of a randomized trial. *Lancet Oncol*, 7, pp.467–471.
- Stock, M., Kroupa, B. & Georg, D., 2005. Interpretation and evaluation of the gamma index and the gamma index angle for the verification of IMRT hybrid plans. *Physics in medicine and biology*, 50(3), pp.399–411.
- The START Trialists' Group, 2011. Effect of radiotherapy after breast-conserving surgery on 10-year recurrence and 15-year breast cancer death: meta-analysis of individual patient data for 10 801 women in 17 randomised trials. *Lancet Oncol*.
- Veronesi U, Marubini E, M.L., 2001. Radiotherapy after breast-conserving surgery in small breast carcinoma: long-term results of a randomized trial. *Ann Oncol*, 12, pp.997–1003.