



Protocolo de Control de Calidad Dosimétrico para Tratamientos de Radioterapia con Intensidad Modulada en la Fundación Valle del Lili

S. O. Benavides^{1,2}, J. Vásquez², A. Angulo²

¹ Universidad del Valle, Departamento de Física, A. A. 25360, Cali

² Fundación Valle del Lili, Unidad de Cáncer, Servicio de Radioterapia, A. A. 020338, Cali- Colombia.

Recibido 23 de Oct. 2007; Aceptado 6 de Mar. 2009; Publicado en línea 30 de Abr. 2009

Resumen

Técnicas avanzadas de tratamiento con radiaciones como "IMRT", requieren el desarrollo de un programa específico de control de calidad que garantice la más precisa y exacta ejecución del tratamiento. Este programa es dependiente del equipamiento, personal y software disponible para ello. La Fundación Valle de Lili realizó una comparación costo-efectividad del uso de diversas técnicas dosimétricas como TLD, Film, Arreglo 2D de cámaras y cámaras de ionización, con el fin de validar los planes de tratamiento de IMRT en la modalidad de "Step and Shoot". El estudio fue realizado usando un acelerador lineal Siemens Primus con un colimador de 82 láminas, el sistema IM-MAXX-2, y los planes de tratamiento ejecutados usando un sistema de registro y verificación Lantis 6.1. Para la verificación dosimétrica se usaron películas radiográfica X-OMAT y EDR2, un arreglo 2D de 729 cámaras de ionización PTW, un escáner de películas VIDAR y un sistema de dosimetría Harshaw 3500 con TLD-100, los resultados analizados usando el programa de comparación de dosis Verisoft y el sistema de planificación TPP 3.8. Basándose en los resultados obtenidos se desarrolló un protocolo de control de calidad que abarca las pruebas rutinarias, periodicidad y rangos de aceptación, las pruebas básicas para la puesta en marcha de la técnica en variaciones anatómica, las acciones correctivas y preventivas requeridas para detectar y corregir posibles fallos y el proceder en caso de detección de desviaciones superiores a los rangos de precisión y exactitud aceptados.

Palabras claves: Control de Calidad, Radioterapia, IMRT, Dosimetría.

Abstract

Advanced techniques of treatment with radiations as IMRT require the development of a specific program of quality control that assure the most accurate and exact execution of treatment plan. This program depends of the equipment, personnel, and available software. We carry out a comparison between cost and effectiveness of the use of diverse dosimetric techniques for the validation of the treatment plans of IMRT in the modality "Step-and-Shoot." We used a linear accelerator Siemens Primus with a multileaf collimator of 82 leaves (IM-MAXX 2 system). The treatment plans were executed using a registration and verification system Lantis 6.1. For the dosimetric verification we used X-OMAT and EDR2 radiographic films, a 2D array of 729 PTW ionization chambers, and a Harshaw 3500 dosimetry system with TLD100 crystals. The results were analyzed using the program of dose comparison Verisoft and TPS 3.8. With the base of the obtained results, we developed a quality control protocol that includes the routine tests, their periodicity and acceptance ranges, which are necessary for the starting of the technique in anatomical variations. This protocol includes also corrective and preventive actions required to detect and correct possible failures, and how to proceed in the event of detection of higher deviations with respect to the accepted ranges of accuracy and exactness.

Key Words: Quality Assurance, IMRT, Dosimetry.

©2009 Revista Colombiana de física. Todos los derechos reservados.

1. Introducción

En el control de la calidad de planes de IMRT, la exactitud espacial al momento de ejecutar el tratamiento se ha

vuelto tan importante como la exactitud de la dosimetría intrínseca. Los planes de tratamiento en la técnica de "Step and Shoot" están compuestos por un número de segmentos de

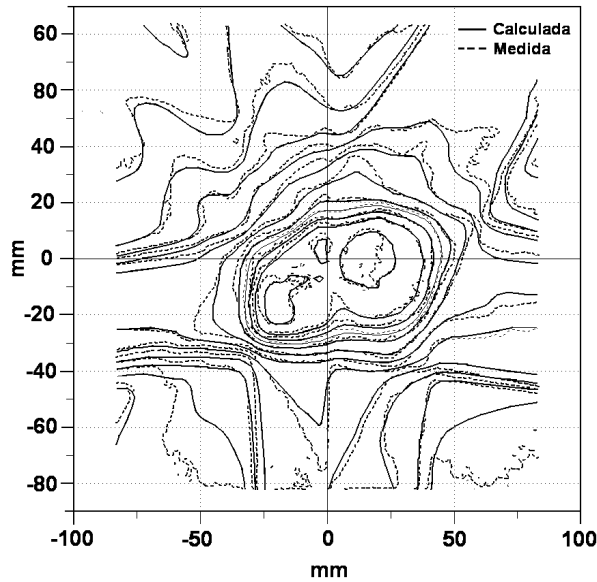


Fig.1. Ejemplo de Isodosis Medida y Calculada en plano Axial, plan IMRT para Próstata

campo calculados en el sistema de planificación, que son ejecutados por múltiples posiciones del colimador multi-láminas, ángulos de gantry e intensidades variadas, que sumados producen la distribución espacial de dosis deseada. Garantizar la exactitud de cada uno, asegura la correcta ejecución del plan de tratamiento. Esto ha motivado el desarrollo de sistemas para la comprobación y reproducción de la posición, así como, el desarrollo de procesos de verificación de las distribuciones de dosis ejecutadas. No existen estándares para el control de calidad dosimétrico de un plan de tratamiento de IMRT, algunos informes describen recomendaciones para aspectos específicos de comisionamiento de un TPS, tales como la descripción anatómica, la caracterización del haz y el cálculo de dosis [1]. Hay pocas recomendaciones prácticas, aunque se proporciona mucha información en estos informes, no es fácil para el Físico Médico decidir qué pruebas son completamente necesarias y aplicables con los recursos disponibles en el ambiente clínico propio. Por esa razón, a menudo se escoge implementar un sistema de control de calidad desarrollado en función del equipamiento, personal y software disponible, así como de las necesidades y limitaciones, trabajando continuamente en el mejoramiento del mismo y su estandarización.

2. Materiales y Metodología

Previamente se realizó un estudio costo efectividad de los sistemas de dosimetría TLD, Película y 2D-Array para la validación de los planes de tratamiento de IMRT con "Step and Shoot". Los planes de tratamiento a verificar son calculados usando el algoritmo de Pencil Beam del sistema de planificación Theraplan Plus 3.8, una rejilla de cálculo de 3 mm, con corrección de inhomogeneidades, En la planificación inversa se usó un máximo de 12 niveles de

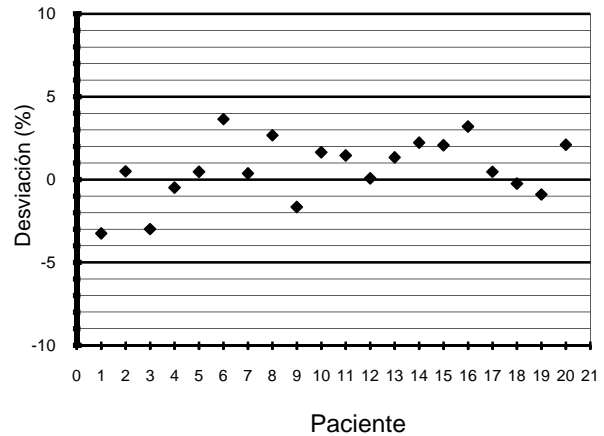


Fig. 2. Desviación de la dosis calculada TPS con respecto a la dosis determinada con cámara de Ionización

intensidad con 15 segmentos por entrada y un tamaño mínimo de campo de 8 cm². En la planeación se garantizó que por menos el 98 % del volumen del CTV y el 95% del vol. del PTV reciban el 100% de la dosis prescrita, así mismo se garantiza que las dosis a los órganos críticos sean inferiores a 70 Gy a un vol. no mayor al 25% y 35% del recto y vejiga respectivamente, manteniendo la pared posterior del recto y la pared anterior de la vejiga con dosis inferiores a 30 Gy preferiblemente.

El plan de tratamiento aprobado es enviado usando DICOM RT al acelerador lineal Primus usando la red Lantis 6.1 y el sistema Primeview 3i, a dos maniqués reconstruidos por simulación en CT para recalculer las distribuciones de dosis. El primer maniquí: un Bench-Mark de MED-TEC que permite la colocación de películas radiográficas en un plano axial para la verificación relativa de los parámetros electromecánicos de la máquina, y al mismo tiempo una cámara de ionización PTW Pin Point para la verificación de la dosis absoluta. Para el segundo maniquí geométrico de agua sólida, se modifica el plan incidiendo todos los segmentos en una única dirección perpendicular a un plano coronal, realizando una verificación de todo el conjunto de láminas de forma absoluta y relativa, usando el 2D-ARRAY.

La dosis absoluta es comparada usando el valor de dosis medio en el volumen de la cámara de ionización y el factor de corrección es determinado usando dos campos laterales. De esta forma se tiene en cuenta la variación diaria de la estabilidad de la dosis del acelerador, para el 2D-ARRAY se irradia un campo de 10x10cm² determinando el factor de calibración. Se aceptan desviaciones entre al dosis calculada y medida de $\pm 5\%$.

La dosimetría relativa es comparada en ambos casos: plano axial y coronal; usando Función Gamma (γ) con

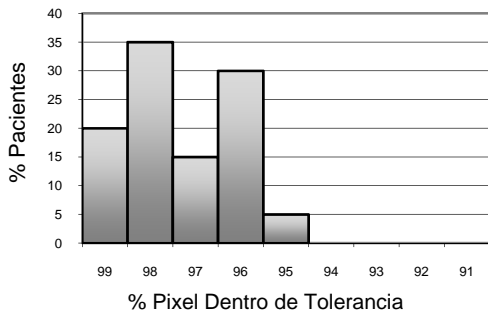


Fig. 3. Evaluación de la Función γ - Plano Axial - Película EDR2

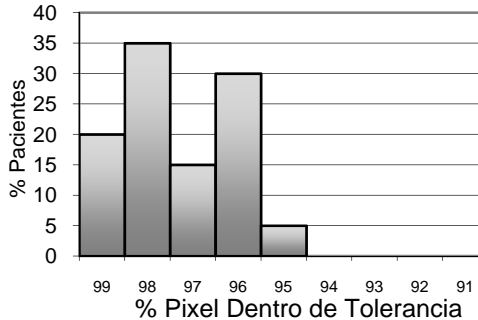


Fig. 4. Evaluación de la Función γ - Plano Coronal - 2D-ARRAY

c

concordancia dosis/distancia de: 3% y 3.0mm respectivamente. Se evalúan cuantitativamente los píxeles dentro de tolerancia, aceptando un acuerdo mínimo de $\pm 90\%$ contando toda la zona evaluada, y una concordancia en la región de interés de $\pm 95\%$ de los puntos. Las zonas fuera de tolerancia son evaluadas en función de la importancia de la zona, determinando el impacto en los órganos críticos o volúmenes de planeación, usando los criterios delta δ .

3. . Resultados y Conclusiones

La Fig. 1. muestra una comparación de las distribuciones de dosis calculada por el TPS y el mismo plan de tratamiento ejecutado sobre película en un plano axial montaje con el maniquí Bench-Mark.

La Fig. 2. muestra la desviación entre la dosis absoluta calculada por el TPS y la dosis absoluta determinada con cámara de ionización para los primeros 20 planes de pacientes incluidos en este protocolo. Desviaciones mayores requieren verificar la localización del punto de medida, si la discrepancia continúa realizar una revisión del calculo de dosis del plan de tratamiento, si esto no soluciona el problema revisar la linealidad de la tasa dosis del acelerador y la calibración del mismo, si la desviación persiste se debe tomar la decisión de cambiar el plan de tratamiento.

En la Fig. 3. y Fig. 4. se muestra la evaluación de la Función γ en un plano Axial con película y Coronal con 2D-Array respectivamente. Un plan es finalmente aprobado cuando satisface todos los criterios mencionados y las zonas fuera de tolerancia no tienen impacto en la probabilidad de control tumoral o complicaciones en tejido sano. Los resultados de la dosimetría Axial más la Coronal permiten validar el posicionamiento de cada par de hojas, y los efectos de la rotación del Gantry. En caso de presentarse desviaciones se debe revisar el posicionamiento de la película o 2D-Array, los campos irradiados, el MLC y el Gantry, de lo contrario cada una de las zonas por fuera de rango de

aceptación debe validarse usando función δ en dependencia de la importancia de la zona. Nuevamente si al realizar estas revisiones la desviación persiste o está por fuera de la tolerancia δ se deberá realizar un nuevo plan de tratamiento.

El protocolo desarrollado deber ser ejecutado para cada plan de tratamiento con IMRT y se debe realizar la verificación de dosis absoluta y relativa usando los dos planos. Los resultados de los primeros 20 pacientes muestran un buen acuerdo entre lo calculado y lo determinado experimentalmente, ratificando la importancia de la dosimetría inicial y la aceptación del sistema antes de realizar tratamientos sobre pacientes, para ello se deberán realizar medidas de dosis absoluta en agua en múltiples puntos, o el uso de dosimetría TLD con distribución espacial siempre y cuando se garantice la colocación de cada chip en zonas de bajo gradiente y la realización de medidas en diversos maniquíes. En el futuro, el proceso deberá optimizarse para disminuir el tiempo asociado al proceso de control de calidad, y se requerirá de un programa que verifique el cálculo de la Unidades Monitor por campo, completando el programa de control de calidad.

Referencias

- [1] IAEA. "Commissioning and quality assurance of computerized planning systems for radiation treatment of cancer". — Technical reports series, ISSN 0074-1914; No. 430, Vienna., 2004.
- [2] "Fundamentos y evidencia de la radioterapia de intensidad modulada". Asociación Colaboración Cochrane Iberoamericana. Jordi Craven-Bartle y Montserrat Ribas. 2003.
- [3] Van Dyk, J., Barnett, R.B. and Battista J.J. "The modern technology of radiation oncology" J. Van Dyk (Ed.). Medical Physics Publishing, Madison, WI, USA, 2003.
- [4] Low D.A. and Dempsey, J.F. Med. Phys. 30., 2455-2464, (2003).
- [5] Depuydt T., Van Esch A. and Huyskens D.P.. Radiother. Oncol. 62, 309-319. (2002).