



MX9900182

ANÁLISIS DOSIMÉTRICO PARA HACES DE FOTONES Y ELECTRONES EN IRRADIACIÓN CORPORAL TOTAL

Mauricio Hurtado González

*Posgrado. Física Médica Radiológica.
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
Instituto Nacional de Cancerología.
Instituto Regional de Cáncer de la
Orinoquía. (Hospital Regional de
Villavicencio, Meta)*

Resumen

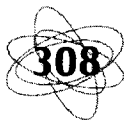
Para iniciar la Irradiación Corporal Total como una alternativa para el tratamiento de enfermedades hematológicas, leucemias y coadyuvante para el trasplante de médula ósea, se debe tener en cuenta la aplicación de protocolos internacionales de control y garantía de calidad. Se establece la intercomparación por los diferentes métodos dosimétricos: cámaras de ionización cilíndrica y plano paralela, película de emulsión radiográfica, diodos semiconductores (transistores MosFet) y cristales termoluminiscentes TLD-100.

Se obtuvieron medidas para campos de $140 \times 140 \text{ cm}^2$ y distancias grandes de 340 cm respecto de campos convencionales en radioterapia. La dosimetría *in vitro* se realizó en el maniquí Universal Antropomórfico Alderson Rando básicamente con los cristales cilíndricos (diámetro 1 mm) de fluoruro de litio TLD-100. Se obtuvo el valor de la dosis con una cámara de ionización cilíndrica de 0.6 cm^3 y el electrómetro Farmer para Irradiación Corporal Total (ICT) con fotones, para electrones se obtuvieron valores con la cámara plano-paralela Markus.

Conocido el valor de la tasa de dosis a la Distancia Fuente Superficie $DFS=80 \text{ cm}$ se

calibraron los cristales con el haz de radiación de referencia del ^{60}Co para obtener la curva de respuesta: Dosis:vs: Lectura TL. Se caracterizó el 10% del total de una población de 300 cristales para aplicar la estadística correspondiente. La curva de luminiscencia obtenida de forma Gaussina se consideró satisfactoria por su estabilidad durante el proceso pre-anneal, lectura y anneal, lográndose la lectura del pico principal a $300 \text{ }^\circ\text{C}$ según parámetros asignados a un equipo lector TLD HARSHAW, modelo 4500.

Los resultados indican la dependencia funcional con la distancia $DFS=340 \text{ cm}$ para los siguientes parámetros que caracterizan el haz de radiación para ICT: el porcentaje de dosis en profundidad PPD, las relaciones TMR y TPR, el TAR no se calcula por el incremento de la dispersión en aire. El incremento de la penumbra indica un aumento del campo de radiación respecto del campo luminoso. El ángulo de dispersión q , respecto del eje central del campo se determinó y se estableció el incremento. La disminución de la curvatura del campo es dependiente de la ley del inverso al cuadrado con la distancia, la conversión del PPD de una distancia a otra depende de la distancia, es decir, el Factor de Mayneor depende de la DFS.



Palabras clave

Anneal: calentamiento de los cristales para desocupar las trampas electrónicas.

Bolus: material compensador de tejido.

Gaussina: curva de luminiscencia simétrica en forma de campana.

Cerrobend: aleación de plomo, bismuto, cadmio con punto de fundición 120 °C.

MosFet: transistor de efecto de campo.

Wellhöfer: tanque de 30 x 30 x 30 cm para llenar con agua.

Introducción

El control de calidad de la dosis “necesaria y suficiente” para (ICT), tiene en cuenta la planicidad del campo, el efecto de las inhomogeneidades, filtros atenuadores, bolus, los valores del porcentaje de dosis en profundidad, PPD, el TPR, TMR, el efecto de penumbra, dirección alrededor del eje central del campo, q , dispersión primaria, secundaria y retrodispersión.

Luego de obtener la tasa de dosis dD/dt (cGy/s) para fotones con la cámara cilíndrica tipo *farmer* y calibrada en un laboratorio secundario o las Unidades Monitor (UM) para el acelerador lineal obtenidas con cámara de ionización plano-paralela tipo *markus*, se hizo indispensable la utilización de dosímetros económicos, de fácil consecución, fácil colocación y manejo sobre la piel del paciente, para la dosimetría diaria de rutina, la opción mejor fueron los TLD. Para garantizar y verificar la dosis administrada a pacientes en tratamiento por campos pequeños se realizaron medidas *in vivo* con TLD para teleterapia según el cálculo obtenido por algoritmo en un computador de rutina del valor de la dosis en el Instituto Nacional de Cancerología (INC) e IRCAO.

Materiales y métodos

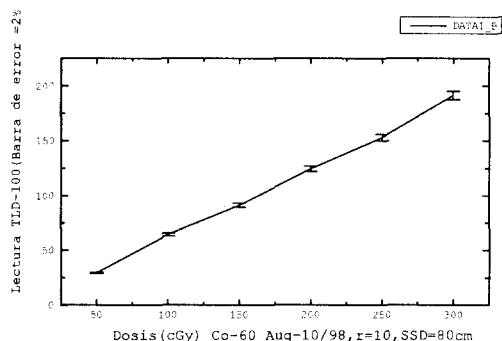
Un total de 300 cristales en forma cilíndrica de diámetro 1 mm x 6 mm se utilizaron en el maniquí universal Alderson Rando, los de forma cuadrada o *chip* fueron colocados dentro de un cubo de teflón, de dimensiones 1x1x2 cm² y tornillos como “tapa” de espesor 5 mm para lograr el “equilibrio electrónico” en la cavidad, éstos se colocaron fácilmente sobre la piel de los pacientes; se utilizó el haz de fotones de referencia ⁶⁰Co para calibrar los TLD y obtener la curva de respuesta; Dosis:vs: Lectura TL, (gráfica No.1) y así obtener valores de dosis en la dosimetría *in vivo*. Se evaluó la respuesta de los detectores a diferentes profundidades en maniqués de agua y acrílico, para obtener linealidad en las lecturas de los cristales calibrados para la ICT a partir de un campo grande de 140 x 140 cm² con una distancia de DFS=340 cm desde el eje vertical isocentro del equipo cobalto ⁶⁰Co *Theratron* hacia la pared del bunker.

Con las placas de emulsión radiográfica *X-Omat V* de Kodak de dimensión 25x30 cm² y respuesta lenta, se midió la planicidad y penumbra respecto a un campo de referencia de 10 x 10 cm² y DFS=80 cm, éstas se colocaron a las distancias necesarias para obtener campos de 20 x 20 cm² y 30 x 30 cm²; se irradiaron con el maniquí de láminas en acrílico de 1 x 30 x 30 cm³ y por densitometría se permitió valorar el efecto de penumbra, (gráfica No.2). La medida del campo fuera del eje central permitió observar la variación de la curvatura y dispersión para campos a distancias grandes. El ángulo de dispersión respecto del eje central del campo se incrementó de: $q = \pm 2^\circ$, DFS= 80 cm; a $q = \pm 15^\circ$, DFS=280 cm y a $q = \pm 30^\circ$ para DFS=340 cm. Las curvas de rendimiento en profundidad se obtuvieron con un sistema Wellhöfer, a partir del eje central del campo de 140x140 cm² con mejor resolu-



ción respecto al análisis densitométrico de la película radiográfica, pero se observó el efecto atenuador de las protecciones personalizadas de cerrobend para pulmón', órgano crítico para la ICT.

Gráfica No.1



Se estableció la lectura de los diodos de juntura "pn" con su respectivo electrómetro victoreen; en el rango de energía de 1 a 4 MeV, la respuesta es más lenta respecto a una cámara de ionización pero su construcción permite colocar estos elementos semiconductores sin riesgo de romperse, los transistores Mosefet aunque sensibles el gradiente del campo eléctrico los deteriora.

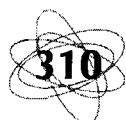
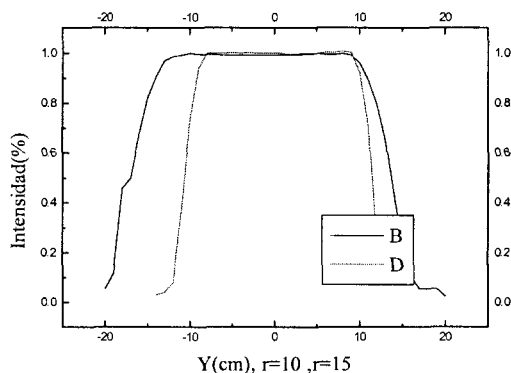
Principalmente se utilizaron los cristales termoluminiscentes TLD 100 de forma cuadrada o "chip's" de dimensiones: 1 x 6 x 6 mm³ y en forma cilíndrica. Se calibraron con la fuente de referencia del ⁶⁰Co para diferentes valores de tiempo; obteniéndose linealidad en la curva de respuesta dosis:vs: lectura TL, se determinó la sensibilidad de los cristales para la respuesta termoluminiscente TL respecto a diferentes valores de dosis. El valor de la tasa de dosis dD/dt= 40 (cGy/s) para grandes distancias DFS=340 cm permite iniciar un protocolo clínico para la ICT en un equipo de ⁶⁰Co. En el maniquí antropomorfo Alderson Rando se practicaron perforaciones de 1 mm de diámetro en el material de parafina polimerizada para colocar los cristales en forma de cilindros, se colocaron entre 50 y 250 cristales por corte axial des-

de la cabeza hasta la parte cervical del maniquí y se leyeron en el equipo lector de TLD HARSHAW.

Se calentaron inicialmente en un horno programable a 300 °C durante ocho horas los cristales, para garantizar un "borrado" completo antes de ser irradiados, durante la rutina sólo se programó el horno a 300 °C durante 1 hora. El ciclo del lector TLD se inició con un tiempo pre-anneal de 10 s, para asegurar un completo "vaciado" de las trampas se programó la rampa en 25 °C/s, hasta obtener la lectura del pico principal a 300 °C en el tiempo de lectura de 13 s, el tiempo de anneal y borrado fue de 10 s. La curva de obtenida en forma Gaussiana se determinó estable alrededor de la vertical trazada en la gráfica de luminiscencia. Según la gráficas No.1 se obtuvo una respuesta con un error de 2% , la reproducibilidad en el 1% a baja tasa de dosis pero disminuyendo la reproducibilidad cuando se incrementó la tasa de dosis dD/dt > 50 cGy/min, es decir, disminuye la sensibilidad de los TLD al incrementar el tiempo de radiación. Los cristales TLD calibrados con la fuente de referencia del ⁶⁰Co se utilizaron sólo para fotones de 1.25 MeV, los TLD utilizados para electrones se calibraron en un Mevatron de 6MeV.

También se utilizaron los cristales cuadrados para la dosimetría "in vivo" en pacientes con Ca. de cervix y Ca. de seno para valores comparables con los obtenidos por cálculo.

Gráfica No.2



Conclusiones

El tratamiento para Irradiación Corporal Total ICT, es específico para cierto tipo de enfermedades hematológicas.

La intercomparación de resultados clínicos entre diferentes instituciones se dificulta por la falta de un protocolo único y específico para la ICT, falta de uniformidad en prescripción de la dosis, la limitante en cualquier centro hospitalario es la tolerancia de los tejidos sanos exigiendo conocer con precisión la dosis entregada al paciente y así optimizar el efecto terapéutico teniendo en cuenta el costo/beneficio. La estadística a partir de un estudio epidemiológico requiere de varios años para la toma de datos y para obtener una muestra universal numerosa, contrario a lo que sucede en la realidad por el número inferior de casos que se presentan frente a otro tipo de enfermedad oncológica.

La extrapolación lineal a partir de medidas para campos pequeños a grandes introduce un error en la determinación de la dosis. La calibración del valor de la dosis se realiza a distancias representativas según la geometría del tratamiento para la ICT y obtener una desviación estándar menor al 2 %. Según la gráfica No.1 se obtuvo una respuesta con un error del 2%, la reproducibilidad en el 1% a baja tasa de dosis disminuye cuando se incrementa la tasa de dosis, es decir, $dD/dt > 50$ (cGy/min).

Bibliografía

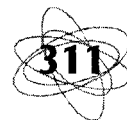
1. CCG Protocol: 9942, James H. Garvin, Jr., M.D., Ph.D., / OPENWAY/NETSCAPE/DIALER/ support@tis.eh.doe.gov. Dec 1. 1995. [16] Van Dyk, J. , Leung, P.M.K., Cunningham, J.R.. Dosimetric consideration of very large Cobalt-60 field. *Int.J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 6, 753-759, 1980.
2. Miller, R.J. , et al. "Total Body Irradiation utilizing a single Cobalt-60 source". *Int. J.Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 1, 549-552,1976.[19]
3. Galvin ,J.M. "Calculation and Prescription of Dose Total Body Irradiation". *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, vol 9, pp. 1919-1924, 1983.

El factor de apertura del colimador FAC tiende al valor unitario, por lo tanto no afecta al cálculo de la dosis, otro factor que no se tiene en cuenta por el incremento a distancias y campos grandes respecto de la dispersión es la relación Tejido-Aire TAR, en cambio se utilizaron las relaciones TPR y TMR.

Se parte de los protocolos internacionales establecidos para la dosimetría y control de calidad de equipos, calidad del haz de radiación y calibración de la dosis a suministrar al paciente según los siguientes protocolos: de la AAPM Reportes No. 13, 17,23, 108; el TG21 de la AAPM y el 277 del OIEA.

Agradecimiento

Agradezco a todas las personas e instituciones por el apoyo y colaboración en la realización del presente trabajo: al organismo, OIEA y organizadores del 1^{er} Congreso Iberoamericano y del Caribe de Física Médica. Al Instituto Regional de la Orinoquía, IRCAO, y la Universidad Nacional de Colombia.



4. Mobit. N., Paul., "The quality dependence of LiF TLD in megavoltage photon beams: Monte Carlo simulation and experiments". *Physics in Medicine & Biology*, vol 41, núm. 3, 387-398, March, 1995.
5. Hugtenburg, R.P. "Total body Irradiation on an isocentric linear accelerator: a radiation output compensation technique". *Physics in Medicine & Biology*, vol. 39, núm 5, 783-793, May, 1994.
6. Pino, J.L. y Torres, M.D., et al., "Risk Factor in Interstitial Pneumonitis Following Allogenic Bone Marrow Transplantation". *Int .J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, vol. 8. pp: 1301-1307. Aug,1982.