



Dosimetría en la técnica de irradiación de cuerpo entero de electrones mediante el uso de diodos semiconductores

O. A. Madrid González¹, T. Rivera Montalvo¹

¹ Centro de investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional
Legaría 694 Colonia Irrigación, 11500 México D.F

Resumen

El presente proyecto se aborda el uso de la dosimetría con diodos semiconductores para determinar la dosis de fotones y electrones de entrada y salida en un Fantoma de agua solida de geometría cubica para después ser usados en dosimetría in vivo para diversas situaciones y técnicas de aplicación en los tratamientos. Se establece en este trabajo la metodología a seguir en la aplicación de los diodos, en las distintas técnicas de irradiación de cuerpo entero así como en la irradiación total de piel, dando cabida específica a la calibración de los diodos semiconductores.

Introducción

Del inglés **Total Body Irradiation (TBI)**, es una técnica radioterapéutica especial que entrega al cuerpo entero del paciente una dosis uniforme dentro del $\pm 10\%$ de la dosis prescrita. Los haces de fotones de rayos gamma o los rayos X de mega voltaje, se utilizan para este propósito. Los conceptos del tratamiento de la irradiación del cuerpo entero abarcan todas las irradiaciones con campos grandes de fotones, tales como irradiación de hemicuerpo e irradiación del cuerpo entero a excepción de algunos órganos específicos, que se protegen parcialmente o completamente de la dosis prescrita.

La terapia de electrones a piel (del inglés TSET), es un procedimiento muy conocido, utilizado en el tratamiento del linfoma cutáneo de células T. Uno de los tipos más comunes de linfoma cutáneo de células T es la micosis fungoide. El objetivo del tratamiento de irradiación total de cuerpo con electrones en piel, es lograr una curación o el control de la enfermedad mediante la entrega de una dosis uniforme a la piel, tanto alrededor de la circunferencia del paciente y de pies a cabeza con uniformidad en la penetración. La profundidad de penetración de la radiación se selecciona en función de la etapa de la enfermedad, sin afectar a todos los demás órganos de cualquier dosis de radiación significativa. Además, es importante asegurarse de que la contaminación bremsstrahlung (en lo sucesivo, descrito como rayos X), producida por las interacciones inevitables de los electrones con los materiales en la trayectoria del haz, es aceptablemente bajo para evitar radiotoxicidad graves derivados de la técnica de irradiación a la exposición de rayos X. [1]

La irradiación total de cuerpo en piel con baja energía de electrones se ha utilizado para el tratamiento de micosis fungoide desde la década de 1950. Varias y diferentes técnicas se han desarrollado en varios centros que se describen en un informe publicado por la Asociación Americana de Físicos en Medicina (AAPM). El objetivo principal es tratar de manera uniforme en toda la superficie del

cuerpo a una profundidad limitada. Para lograr esto, el electrón en un campo plano de tratamiento debe cubrir un área 200 cm menos de altura y 80 cm por lo menos en ancho para abarcar a los pacientes de gran tamaño. Dado que la variación en la forma, orientación y tamaño del cuerpo hace que sea difícil obtener la dosis adecuada y la uniformidad en toda la superficie corporal, dos a seis campos superpuestos se emplean a menudo. La técnica original de Stanford por primera vez por Karzmark et al, empleando cuatro orientaciones del cuerpo, campos anterior, posterior y laterales de un paciente de pie. Esta técnica fue posteriormente modificado para obtener una mejor dosis de la uniformidad y la original puesta en marcha se sustituyo por una técnica de seis campos.[2]

Micosis Fungoide

Es una neoplasia de células T maduras, de tipo colaborador, cuyas manifestaciones son preferente o exclusivamente cutáneas. Su incidencia es de 0,29 casos/100.000 habitantes/año y su etiopatogenia se desconoce. Es la forma más común de linfoma cutáneo de células T y, a la vez, el que presenta mayores dificultades diagnósticas, particularmente la fase inicial de su desarrollo. Como ya hemos comentado la MF puede remedar una amplia variedad de procesos inflamatorios y cualquiera de los criterios diagnósticos empleados para su reconocimiento histológico puede aparecer aisladamente en otras entidades, la mayor parte de ellas procesos no neoplásicos. [3]

El diodo como detector de radiación

Cuando se expone un diodo a una radiación electromagnética de longitud de onda suficiente para que la energía transportada por un fotón sea superior a la energía mínima necesaria para crear un par electrón – hueco, las interacciones de los fotones con la red cristalina producirán un aumento en el número de portadores minoritarios que atraviesan la unión. Estos portadores crearan una corriente adicional I_L (intensidad de corriente de ionización). El valor de esta corriente depende del número de pares electrón – hueco creados por unidad de tiempo. Por lo tanto, midiendo el valor de esta corriente, o de una cantidad relacionada, se puede obtener una indicación de la tasa de dosis a la que ha sido irradiado el diodo. [4]



Figura 1. Diodos Semiconductores

Procedimiento Experimental.

Caracterización del acelerador lineal (Elekta Synergy, Device S/N: 5086317) y calibración de los diodos semiconductores (EDP5-3G y EDP15-3G Scanditronix).

En la caracterización del acelerador, se midió el aplanado del haz de radiación de rayos X, para una energía de generación de 6 MeV, a una distancia de 98.5 cm de la superficie del agua del Fantoma en un campo de 20 X 20 cm para el eje x y para el eje y con un campo de 25 X 25 cm; esto realizado con una cámara de ionización (IBA CC13) y una Fantoma de agua. Se determino el porcentaje de dosis a profundidad (PDP) para la energía de 6 MeV a una distancia de 100 cm de la superficie del agua en el Fantoma en un campo de 25 X 25 cm, utilizando una cámara de ionización (IBA CC13), con la cual se hicieron barridos a una profundidad máxima de 26 cm. El procedimiento de calibración de los diodos para calibrar los diodos y así determinar los coeficientes de corrección requeridos para calcular la dosis absorbida en la medición, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Dosis = Lectura\ de\ diodos \times Coeficiente\ de\ correccion \times Coeficiente\ de\ calibración.$$

Los diodos se colocaron en la superficie de un fantoma de agua solida y una cámara de ionización (IBA CC13) a 1.5cm de profundidad de dosis máxima para un haz de rayos X generado con 6 MeV, con campo de radiación de 20 X 20 a una distancia de 4 mts del gantry. Se determino la dosis del diodo en la entrada y en la cámara de ionización, como se muestra en la figura 2, con el gantry del acelerador a 90 grados. Los coeficientes de corrección vienen dados por la siguiente expresión:

$$CC = \frac{lectura\ de\ la\ camara\ de\ ionizacion}{lectura\ del\ diodo}$$

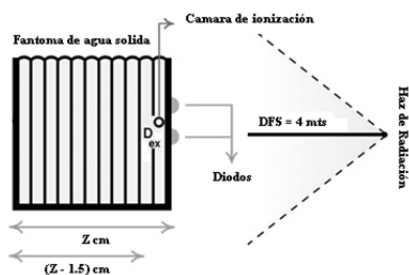
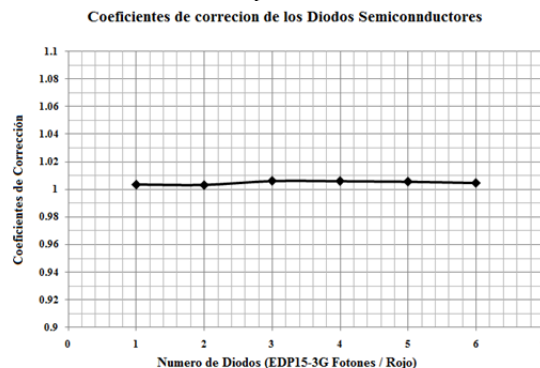


Figura 2. Arreglo experimental, para la calibración de los diodos

Resultados y Análisis.

En la grafica 1 se muestran la curva de los coeficientes de corrección de los diodos, calibrados para la aplicación de irradiación de cuerpo entero con fotones de 6 MeV. Se muestra una linealidad con una desviación estándar del 0.13 %, con un intervalo de discrepancia de 1 ± 0.006 .



Grafica. 1. Dispersión de los coeficientes de corrección de los diodos.

Conclusiones.

Del desarrollo general del proyecto en la elaboración de un método en la dosimetría para irradiación de piel total en alta tasa de electrones, se lleva el paso de calibración y caracterización de los diodos y el acelerador lineal respectivamente, para la parte de irradiación a cuerpo total con fotones de 6 MeV. Donde se presenta una buena respuesta de los diodos con una desviación del 0.13% y baja discrepancia en el lote de diodos a utilizar.

Agradecimientos.

Agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Secretaria de Investigación y Posgrado (SIP) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) por su apoyo a este trabajo. Al Centro Médico Nacional 20 de Noviembre.

Referencias.

- [1] Zaid T, Al-Khatib. Total Skin Electron Therapy Using Beam Modifiers. Department of Medical Physics, Tawam Hospital, Al-Ain. 2006.
- [2] Tarek Shouman, Zeinab El-Taher. Total Skin Electron Therapy: A Modified Technique for Small Room Linear Accelerator. Journal of the Egyptian Nat. Cancer Inst., Vol. 16, No. 4, December: 202-209, 2004.
- [3] Perez Quintela B V. Suarez Pañaranda J M. Linfomas Cutaneos de Celulas T. Rev Esp PATOL; Vol 37, n.º 2: 181-194, 2004.
- [4] Knoll G F. Radiation detection and measurement. John Wile and sons. 1979.