

DOSIMETRÍA PARA CAMPOS PEQUEÑOS DE ELECTRONES DE ALTA ENERGIA UTILIZANDO PELÍCULAS RADIOGRÁFICAS

*M.Sc. M^a Giselle Bernui De Vivanco, gisellebdv@hotmail.com
Lic. Maria Elena Morales Landín, Lic. Augusto Cárdenas Retuerto.*

Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas (INEN)
Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM)

ABSTRACT

En nuestra institución hay una considerable cantidad de pacientes con carcinomas de piel, para los cuales, el tratamiento de radioterapia con campos pequeños de electrones de alta energía es una de las opciones mas comunes de tratamiento.

La dosimetría ionométrica en campos pequeños de electrones de alta energía, según lo especifican los protocolos internacionales de dosimetria, requiere de cámaras de ionización con características especiales; equipos con los que no contamos en nuestra institución. Esto nos pone en la necesidad de utilizar un método alternativo para realizar estas mediciones.

El comportamiento lineal de las películas en electrones de energías mayores a los 250 keV hacen de la dosimetría de película una de las mejores opciones para realizar mediciones en campos pequeños de electrones de alta energía; tanto por su calidad de resultados, información que se dispone y bajo costo.

Este trabajo tiene como objetivo proveer al departamento de radioterapia del Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas de un método práctico, seguro y económico para realizar la dosimetria de campos pequeños de electrones de alta energía; de tal manera que los recomendaciones internacionales para dosimetria de electrones de alta energía utilizando película sean aplicados teniendo en cuenta los recursos que disponemos, sin que eso implique que la calidad de los resultados obtenidos se vea afectada en forma desfavorable.

I INTRODUCCION

Se denomina campos pequeños de electrones a aquellos que la distancia del borde del campo al eje central es más pequeña que el rango práctico de los electrones en tejido. Los protocolos internacionales recomiendan medir el PDD, la penumbra y el factor de salida para cada campo pequeño de electrones utilizado en tratamientos de pacientes. Esto se debe a que en campos pequeños varía el PDD, trasladándose la posición del máximo más cerca a la superficie por la falta de equilibrio lateral [2,4].

La dosimetría con película radiográfica se realiza comúnmente con películas X-OMAT V; las cuales son especiales para este tipo de trabajo, pero costosas; en su lugar, se utilizó las películas KODAK EC, las cuales, a diferencia de las X-OMAT V no poseen envoltura. Es muy importante tener en cuenta las consecuencias que puede traer en la dosimetría el que exista aire entre la película y el sobre [4].

La lectura de la densidad óptica se realizó con un densitómetro de 2mm de resolución. El uso de densitómetro en lugar de un escáner para películas hace el trabajo más laborioso y presto a errores, debido a que la información es ingresada manualmente.

El fantoma utilizado en las dosimetrías de película es acrílico transparente, el cual es permisible de utilizar para energías de electrones tales $R_{50} \leq 4 \text{ g cm.}^{-2}$ [2].

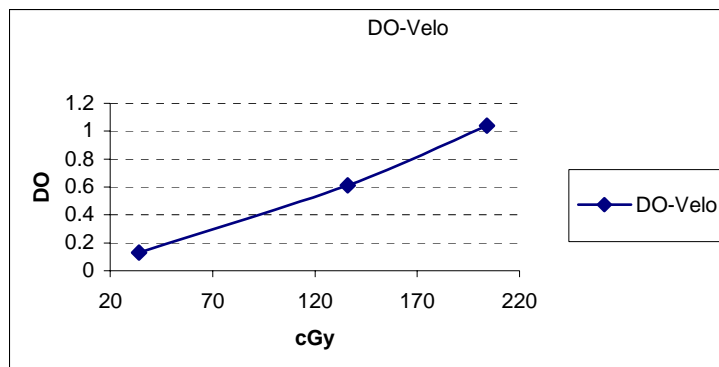
Antes de realizar la dosimetría de película en campos pequeños de electrones es necesario verificar que nuestro método de trabajo nos da resultados consistentes; es por ese motivo que primeramente hacemos la dosimetría de película en tamaños de cono que pueden ser contrastados con dosimetría mediante cámara de ionización.

Una vez verificada la metodología, es decir, ver que la concordancia entre los valores obtenidos por ambos métodos (película y cámara de ionización) está dentro del 3%, se realiza un caso modelo de dosimetría de película en un campo pequeños de electrones.

II COMPARACION ENTRE LA DOSIMETRIA REALIZADA CON PELICULA Y CAMARA DE IONIZACION EN CAMPOS DE ELECTRONES DE ALTA ENERGIA

Las películas EC Film fueron cubiertas en el cuarto oscuro cuidadosamente con sobres de películas X-OMAT V, que anteriormente se utilizaron en nuestra institución.

Como prioridad es necesario verificar la linealidad de la película con la dosis; para lo cual, expusimos diferentes películas con el mismo sobre de manera perpendicular al eje del haz a 50, 150 y 300 UM. El fantoma utilizado fue acrílico transparente, la película se colocó a una profundidad de 0.9 cm de acrílico, equivalente a 1 cm de agua. El resultado de estas exposiciones en medidas de densidad óptica (DO) se puede ver en la grafica a continuación:



Gráfica 1

Medición de DO vs. Dosis realizada en el acelerados Lineal Mevatron
Energía de 5 MeV y cono de 5.

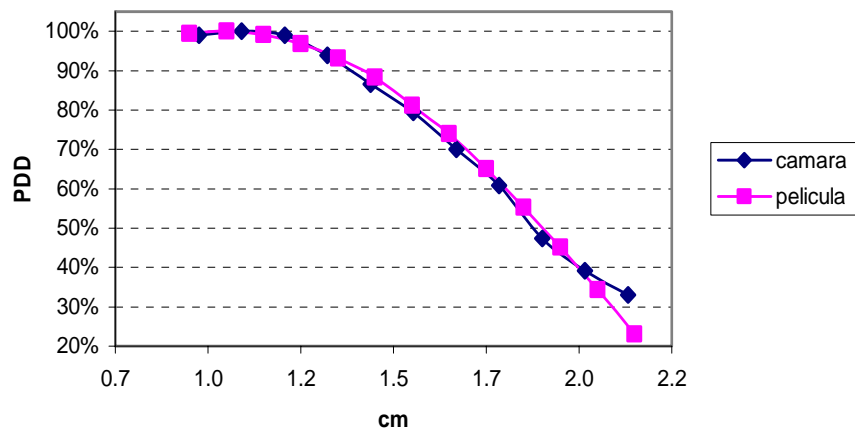
La primera conclusión que obtuvimos en este trabajo es que podemos utilizar las películas KODAK EC Film para dosimetría relativa dentro de 34cGy y 204cGy, debido a que esta en su zona lineal.

Para observar el PDD del haz y el factor de salida ubicamos la película en forma paralela al haz, entre láminas de acrílico cuidando que el borde de la película coincida con el de la superficie del fantoma de acrílico, para lo cual, doblamos cuidadosamente los bordes del sobre de la película que sobresalen. Expusimos la película a 200 UM con los conos de diez y de cinco por diferentes lados (ver figura 1).



Figura 1
Exposición de película en forma paralela al haz con el cono de 10 utilizando acrílico transparente como fantoma

Se midió la densidad óptica de la película tanto para la zona expuesta con el cono de cinco como el de diez. En la gráfica 2 comparamos los PDD medidos con la cámara de ionización en agua y la densidad óptica obtenida en la película. Las profundidades de las medidas obtenidas con película radiográfica fueron corregidas por el cambio de material de fantoma [4]. El resultado de la comparación obtenido para el cono de cinco se presenta en la grafica 2.



Gráfica 2

Porcentaje de Dosis en Profundidad con película y cámara de ionización. Medidas hechas en el acelerador lineal Mevatron con energía de 5 MeV y cono de 5

Prof. (cm.)	Cámara	película	Var.
0.9	99.0%	99.513%	-1%
1.0	100.0%	100.000%	0%
1.2	99.0%	96.780%	2%
1.3	93.8%	93.222%	1%
1.4	86.6%	88.306%	-2%
1.5	79.4%	81.098%	-2%
1.6	70.1%	73.958%	-5%
1.7	60.8%	65.043%	-7%
1.9	47.4%	45.136%	5%
2.0	39.2%	34.373%	12%
2.1	33.0%	23.142%	30%

Tabla 1

Comparación del Porcentaje de Dosis en Profundidad medido con la película y cámara de ionización Unidad Mevatron cono de cinco

Para medir el factor de salida dividimos la DO del máximo del cono de cinco con la del cono de 10 (se les resto el velo en ambos casos), y obtuvimos que la variación con respecto al valor hallado utilizando cámara de ionización es de 1.7%.

Como se puede observar de los resultados anteriormente obtenidos las discrepancias son mínimas entre los valores característicos del haz de electrones obtenidos con cámara de ionización y los obtenidos con película; consecuentemente se aplicó este método para la dosimetría de campos de electrones de alta energía.

III CASO MODELO DE DOSIMETRÍA DE CAMPO PEQUEÑO DE ELECTRONES DE ALTA ENERGÍA UTILIZANDO PELÍCULAS EC – FILM

Como ejemplo se hizo la dosimetría de un campo irregular de la forma que se muestra en la figura 1. Las dimensiones del campo son $3.5 \times 2.3 \text{ cm}^2$. El R_p en agua para electrones de 5 MeV medido según el TRS 398 es de 2.13 cm; por lo cual, el campo mencionado anteriormente cumple con la condición de campo pequeño de electrones.

Primeramente expusimos una película en forma paralela al haz con el cono de cinco y posteriormente la expusimos al campo irregular en otra zona de la misma película; Una vez revelada medimos la DO máxima de la película en la zona expuesta con el cono de cinco la cual corresponde a la dosis en el D_{max} (profundidad en el eje del haz de radiación donde la dosis es máxima). El factor de salida del campo irregular (F_{ci}) lo podemos hallar relacionando linealmente la DO de la película con la dosis:

$$F_{ci} = F_{c5} (DO_{ci,max} - \text{velo}) / (DO_{c5,max} - \text{velo}) \quad (1)$$

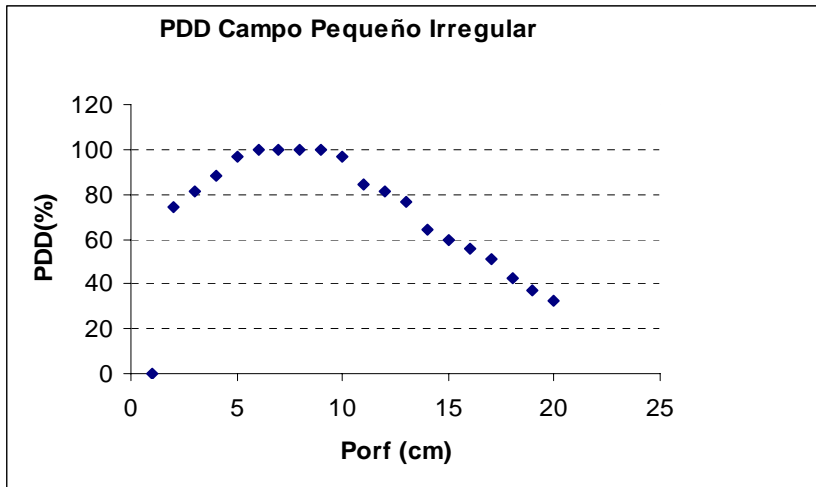
Donde $F_{c,5}$ es el factor de salida del cono de cinco. $DO_{ci,max}$ y $DO_{c5,max}$ son las densidades ópticas en el máximo del campo irregular y del campo de cono de cinco respectivamente.

El factor de salida del campo irregular obtenido de la fórmula (1) es de 0.41 cGy/um.



Campo pequeño irregular utilizado como ejemplo de dosimetría de electrones de alta energía utilizando película

El PDD medido del campo irregular es presentado a continuación; las profundidades están corregidas por el factor de corrección de profundidad agua - acrílico.



Grafica 2
PDD equivalente en agua del campo irregular
mostrado en la figura 1

III ANALISIS DE RESULTADOS

La linealidad de la película en el rango de 34cGy y 204cGy nos permite utilizarla en este trabajo y posteriores dosimetrías con electrones de alta energía.

En este trabajo debemos tener en cuenta que las medidas de la DO en los primeros 5 mm de la película expuesta en forma paralela al haz no son válidas; esto debido al aumento en la dispersión producida por el mayor número atómico de la emulsión con respecto al del fantoma [5].

Podemos observar en la gráfica 2 que los PDDs obtenidos por la película y la cámara de ionización se asemejan. La diferencia entre ambos PDD se acentúa en las profundidades mayores a 2.1 cm. Esto se debe a la disminución de la energía media de los electrones con la profundidad. Hallamos la energía media utilizando la fórmula [6]:

$$\bar{E}_z = \bar{E}_0 \left(1 - \frac{z}{R_p}\right) \quad (2)$$

Donde Z es la profundidad, R_p el rango práctico y \bar{E}_0 la energía promedio en la superficie del fantoma $\bar{E}_0 = C_4 R_{50}$ $C_4 = 2.33 \text{ MeV} / \text{cm}$ para agua.

Reemplazando en la fórmula (2) los valores para una profundidad $z = 2.1$ cm y R_p tenemos que la energía media es de 71 keV. El R_{50} fue medido con cámara de ionización. La película es lineal hasta los 250 keV.

En la gráfica 2 observamos que la profundidad del máximo del campo irregular es de 0.8 cm. Lo cual es debido a que la pérdida de equilibrio lateral produce el desplazamiento de la profundidad del máximo hacia la superficie.

La profundidad de prescripción de dosis usualmente es la del 80% de dosis. En el campo pequeño irregular esta profundidad corresponde a 1.2 cm. a diferencia del valor obtenido para campos normales que es de 1.5 cm. A 1.5 cm. de profundidad el PDD del campo irregular es de 60%; como se puede observar hay una diferencia de 20% en la dosis que llega a la profundidad del 80% si no consideramos el cambio de PDD en el campo pequeño.

IV CONCLUSIONES

Podemos utilizar las películas KODAK EC Film para dosimetría relativa dentro de 34cGy y 204cGy.

El procedimiento utilizado para hallar la dosimetría de electrones nos da resultados coherentes y contrastables con otros métodos de dosimetría como cámara de ionización.

La calidad de nuestros resultados está limitada por la resolución de los equipos utilizados (tamaño de foco del densitómetro y distancia entre los electrodos de la cámara de ionización).

El no realizar una dosimetría de los campos pequeños de electrones nos puede llevar a significativos errores al momento de suministrar dosis a pacientes.

El método para realizar las mediciones de campos pequeños podemos resumirlo en:

- a) Cubrir la película KODAK EC con un sobre de película X OMAT V cuidando que no se quede aire en el interior del sobre.
- b) Exponer la película a 200 UM en forma paralela al haz utilizando el cono de 5.
- c) Exponer la misma película a 200 UM en forma paralela al haz con el campo pequeño que se desea realizar la dosimetría por una zona que este sin exponer.
- d) Hallar la DO máxima del PDD de la película en el campo del cono de 5.
- e) El factor de salida del campo irregular está dado por la fórmula 1.
- f) Medir la DO de la zona de la película correspondiente al campo pequeño y hallar las curvas de isodosis.

REFERENCIAS

1. Internacional Comisión on Radiation Units and measurements. Report 21, 1972
2. International Code TRS 398.
3. Libro IAEA commissioning and acceptancy
4. AAPM (1990) American Association of Physics in Medicine, Task Group 25, "Clinical Electron Beam Dosimetry".
5. A. Dutreix "Radiation Film Dosimetry" presented at the American Association of Physicist in Medicine Summer School, 1976.
6. International Code TRS 381.