

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

Maria Giselle Bernui De Vivanco, Maria Elena Morales Landín, Augusto Cárdenas Retuerto
Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas, "Dr. Eduardo Cáceres Graciani" (INEN)
Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM)
E-mail: gisellebdv@hotmail.com

Recibido el 14 de Julio del 2006; aceptado el 21 de Julio del 2006

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 más comunes de tratamiento. La dosimetría mediante cámara de ionización en campos pequeños de electrones de alta energía, según lo especifican los protocolos internacionales de dosimetría, 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 "Dr. Eduardo Cáceres Graciani" (INEN) de un método práctico, seguro y económico para realizar la dosimetría de campos pequeños de electrones de alta energía; de tal manera que las recomendaciones internacionales para dosimetría 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.

Palabras claves: Dosimetría en campos pequeños, dosimetría de electrones, dosimetría de electrones, radioterapia.

In our institution there is a considerable amount of patients suffering skin carcinomas, for which, the treatment using small fields of high energy electrons is a common option of treatment. The dosimetry using ionization chamber in small electron fields of high energy, according with the international protocols of dosimetry, requires of ionization chambers with special characteristics; equipment that our institution does not count; so it is necessary an alternative method to make these measurements. The linear behaviour of the electron films in energies greater than 250 keV; makes the film dosimetry one of the best options to make measurements in small electron fields of high energy; as much by its quality of results, information and low cost. The objective of this work is to provide to the Radiotherapy Department of the Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas "Dr. Eduardo Cáceres Graciani" (INEN) a practical method, safe and economic to do the dosimetry of small electron fields of high energy; in a way that the international recommendations for dosimetry of electrons of high energy using film are applied considering the resources that are available, without implies that the quality of the results be affected in unfavourable form.

Key words: Small fields electron, electron dosimetry, film dosimetry, radiotherapy.

1. INTRODUCCIÓN

Se denomina campos pequeños de electrones a aquellos para los 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 [1,2,3,4]. 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. La lectura de la densidad óptica se realizó con un densitómetro de 2mm de resolución espacial. El fantoma utilizado en las dosimetrías de película es acrílico transparente, el cual es permisible de utilizar para energías de electrones tales $R_{50} = <4 \text{ g cm}^{-2}$ [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.

La cámara de ionización que utilizamos es una PTW 34001 (Roos). La cual posee una separación de electrodos de 2mm; lo cual representa su resolución espacial.

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

2. 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 películas de

manera perpendicular al eje del haz. 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-velo) se puede ver en la figura 1.

En la figura 1, el velo restado de la DO puede ser confundido con el oscurecimiento generado por la radiación dispersa del cono; es por ese motivo, que la medida del velo se toma de la película expuesta a menor dosis. La primera conclusión que obtuvimos en este trabajo es que podemos utilizar las películas KODAK EC Film para dosimetría

relativa dentro de 47 cGy y 476 cGy, debido a que esta en su zona lineal. Otro punto de mucha importancia que podemos deducir de la grafica a la hora de exponer la película en forma paralela al haz para medir PDD, es la disminución de la dosis que recibe la película con la profundidad; por ejemplo si queremos observar el PDD hasta el 10% de dosis, la película debe ser expuesta a una dosis de 476 cGy en la profundidad del máximo de tal manera que en la profundidad del 10% reciba una dosis de 47 cGy y consecuentemente no pasemos el umbral de linealidad.

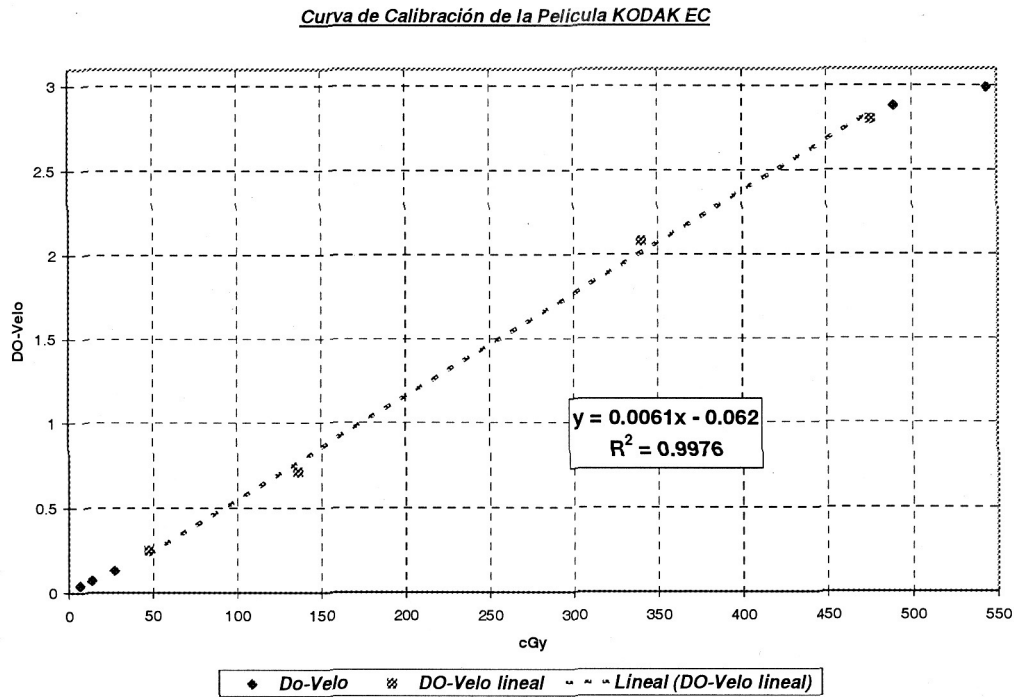


Figura 1. Curva de calibración de la película EC FILM realizada en el acelerador Lineal Mevatron. Energía de 5 MeV

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.

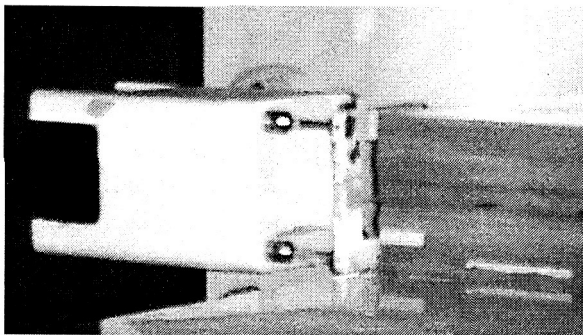


Figura 2. Exposición de película en forma paralela al haz con el cono de diez utilizando acrílico transparente como fantoma.

Expusimos la película a 400 UM con los conos de diez y de cinco por diferentes zonas de la película (ver figura 2).

Se midió la densidad óptica de la película tanto para la zona expuesta con el cono de cinco como el de diez.

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 0.7%.

Expusimos otra película con cono de cinco en forma paralela al haz a una dosis de 447 cGy al máximo. 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].

Como se puede observar de los resultados anteriormente obtenidos la variación de los PDDs y factor de salida medidos con cámara de ionización y películas es mínima consecuentemente, se aplico este método para la dosimetría de campos pequeños de electrones de alta energía

Comparación PDDs Camara de Ionización vs Película KODAK EC

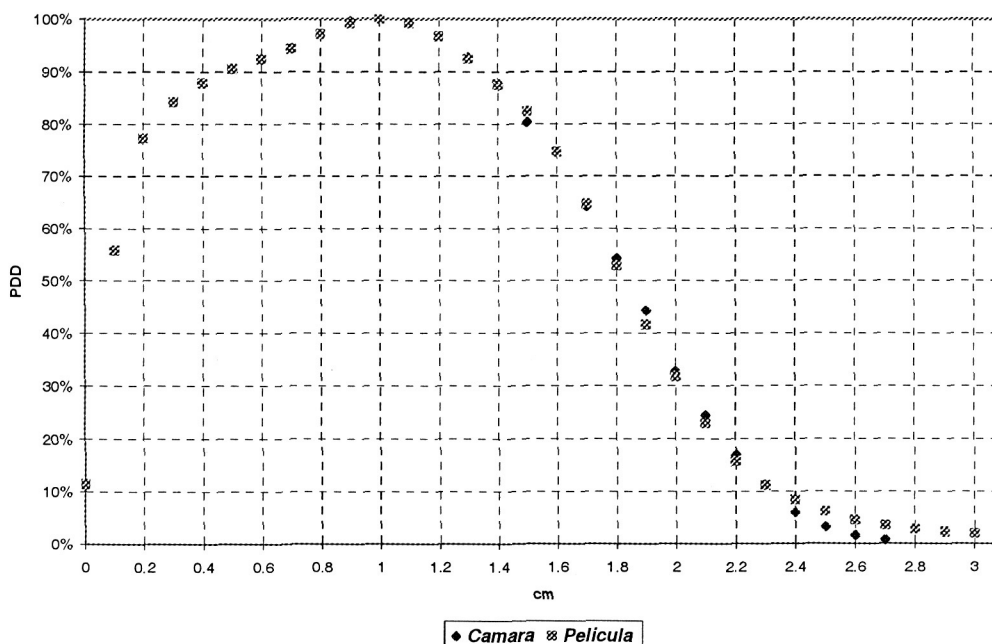


Figura 2. Porcentaje de Dosis en Profundidad con película y cámara de ionización. Medidas hechas en el acelerador lineal Mevatron con energía de 5 MeV y cono de 5.

Tabla 1. Comparación del Porcentaje de Dosis en Profundidad medido con la película y cámara de ionización

Prof. (cm)	Cono de 5		Variación
	PDD cámara (%)	PDD película (%)	
0.9	99.56%	99.25%	0.31%
1	100.00%	100.00%	0.00%
1.1	99.35%	99.19%	0.15%
1.3	92.72%	92.41%	0.31%
1.4	87.44%	87.63%	-0.19%
1.5	80.34%	82.40%	-2.06%
1.7	64.12%	64.70%	-0.58%
1.8	54.24%	52.98%	1.27%
1.9	44.28%	41.70%	2.58%
2	32.77%	31.75%	1.01%
2.1	24.46%	22.90%	1.56%
2.2	16.93%	15.80%	1.13%
2.4	5.98%	8.39%	-2.41%
2.5	3.19%	6.18%	-2.99%
2.6	1.56%	4.50%	-2.94%
2.7	0.74%	3.49%	-2.75%

3. CASO MODELO DE DOSIMETRIA DE CAMPO PEQUEÑO DE ELECTRONES DE ALTA ENERGIA UTILIZANDO PELÍCULAS EC - FILM

Como ejemplo se hizo la dosimetría de un campo irregular de la forma que se muestra en la figura 2. Las dimensiones del campo son 3.5 x 2.3 cm². El Rp en agua para electrones de 5 MeV es hallado de la pendiente de la curva de PDD medido con cámara de ionización con el cono de quince [6]. El valor del rango practico obtenido es de 2.35 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 de los campos expuestos de la película. El factor de salida del campo irregular lo hallamos por la relación:

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

donde F_{c5} 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 formula (1) es de 0.41 cGy/um para un factor de salida de cono de cinco que es de 0.68 cGy/um.



Figura 3. Campo pequeño irregular utilizado como ejemplo de dosimetría de electrones de alta energía utilizando película.

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

4. ANALISIS DE RESULTADOS

La linealidad de la película en el rango de 47 cGy y 476 cGy 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 validas; 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 figura 2 que los PDDs obtenidos por la película y la cámara de ionización son semejantes. La profundidad del máximo medida en la película está 1 ± 0.1 cm; al igual que el medido con cámara de ionización. Esta incertidumbre se debe a la resolución espacial de nuestro dosímetro.

De la figura 2 podemos ver que la diferencia entre el PDD medido con cámara de ionización y el medido con película se acentúan en las profundidades mayores a 2.3cm; se puede justificar esta variación debido a que la película se expuso a 470 cGy al máximo lo que implica que a la profundidad del PDD del 10% la película estará entrando a su zona no lineal. También debemos tener en cuenta que la película es lineal para energías de electrones mayores a 200keV y que la energía de los electrones disminuye con la profundidad [4].

Comparación de PDDs entre Cono de 5 y CPI

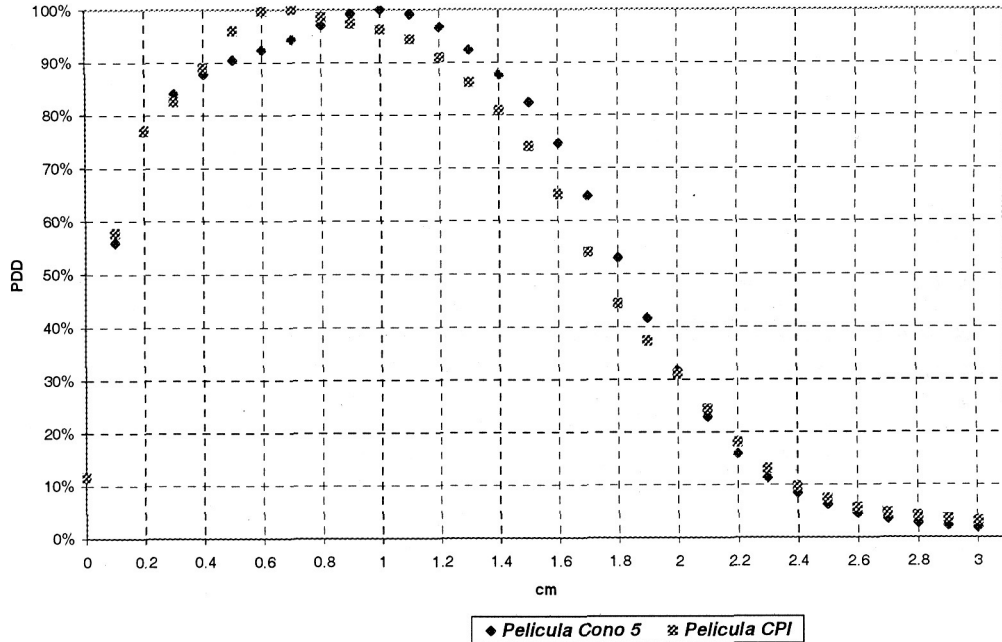


Figura 4. Comparación del PDD en agua entre campo irregular y el cono de cinco. Energía 5MeV

Otro punto que debemos tener en cuenta es que el rango práctico R_p no varía con el tamaño de campo ya que es una medida que depende solamente de la calidad del haz; sin embargo, en campos pequeños las mediciones de PDD no se hacen en una "geometría de haz amplio" (broad beam geometry) requisito indispensable según la referencia [4]; es

por ese motivo que no se puede obtener el R_p a partir de las curvas de PDDs en campos pequeños.

En la figura 4 observamos que la profundidad del máximo del campo irregular es de 0.7 ± 0.1 cm; lo cual, es de esperarse 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 1.4 ± 0.1 cm. según se puede observar en la grafica 3 a diferencia del valor obtenido para campos normales que es de 1.53 ± 0.1 cm.

A 1.53 cm. de profundidad el PDD del campo irregular es de 70%; como se puede observar hay una diferencia de 10% en la dosis que llega a la profundidad del 80% si no consideramos el cambio de PDD en el campo pequeño.

Estas diferencias se acentuaran a medida que se reduce el tamaño de campo.

5. CONCLUSIONES

Podemos utilizar las películas KODAK EC Film para dosimetría relativa dentro de 47cGy y 470cGy.

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

La calidad de nuestros resultados esta 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.

1. Radiation Dosimetry: Electron Beams with Energies Between 1 and 50 MeV Report 21, 1972 .
2. Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy, Technical Reports Series No. 398, IAEA, Vienna (2000).
3. Radiation oncology physics : a handbook for teachers and students / editor E. B. Podgorsak ; sponsored by IAEA... [et al.]. — Vienna : International Atomic Energy Agency, 2005. ISBN 92-0-107304-6, 381pp
4. Clinical Electron-Beam Dosimetry, Reprinted from Medical Physics (Vol. 18, Issue 1) (1991) Radiation Therapy Committee Task Group #25 41, pag 80,83, 85.
5. A. Dutreix "Radiation Film Dosimetry" presented at the American Association of Physicist in Medicine Summer School, 1976.
6. The Use of Plane Parallel Ionization Chambers in High Energy Electron and Photon Beams, Technical Reports Series No. 381, IAEA, Vienna (1997) pag 66 ,67.
7. ROGERS, D.W.O., "Fundamentals of dosimetry based on absorbed-dose standards", Teletherapy Physics, Present and Future (PALTA, J.R., MACKIE, T.R., Eds), Association of American Physicists in Medicine, Washington, DC (1996) 319-356.