

# **ANALISIS DOSIMETRICO CON CRISTALES TLD-100 LiF;Mg;Ti PARA LA OPTIMIZACION DE LOS PROGRAMAS DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIOCIRUGIA ESTEREOTACTICA**

J C Maldonado<sup>1</sup> Fís esp, M C Plazas<sup>1,2</sup> PhD, R Dussan<sup>2</sup> MD, Z Conrado<sup>2</sup> MD, G Peña<sup>2</sup> MD, E Jiménez<sup>2</sup> MD, F Hakim<sup>2</sup> MD, S Bermúdez<sup>2</sup> MD.

1 Universidad Nacional de Colombia,

2 Instituto Oncológico Carlos Ardila Lule, Fundación Santa Fe de Bogotá.

Email: [camimaldo@hotmail.com.co](mailto:camimaldo@hotmail.com.co)

## **RESUMEN**

En los tratamientos con Radiocirugía Estereotáctica (RE), las dosis recibidas por los pacientes para las técnicas fraccionada y monofraccionada están por encima de los 500 cGy, dosis considerada de alto rango. Por esta razón es indispensable garantizar al Radio-Oncólogo que las dosis prescritas por él puedan ser verificadas mediante la utilización de un método dosimétrico confiable.

Este análisis consiste en el uso de cristales termoluminiscentes TLD-100 LiF;Mg;Ti colocados en maniqués, simulando las condiciones de los tratamientos anteriormente mencionados. Con el empleo de un lector Harshaw 4500 del Laboratorio de Física-Médica de la Universidad Nacional de Colombia fue posible, la calibración de los cristales para las energías de Co-60 (en un equipo Theratron 1000, Atomic Energy of Canada Limited) y rayos X de 6 MeV procedentes de un acelerador lineal de electrones (Varian Clinac 600C) y la obtención de las lecturas correspondientes a la dosis en la profundidad del máximo. Posteriormente, mediante la aplicación de la relación tejido máximo se encontró la dosis para una profundidad promedio, considerada el centro de la lesión para que finalmente con la realización de la dosimetría termoluminiscente in-vivo diferida, se logre optimizar los programas de control de calidad para RE.

## **1. INTRODUCCION**

La radiocirugía estereotáctica es una técnica de alta precisión que utiliza minihaces de radiación provenientes de un acelerador lineal de electrones o de numerosas fuentes de cobalto-60 que inciden sobre la lesión tumoral con la finalidad de lograr su esterilización.

Como técnica de alta precisión requiere de un conjunto de profesionales en las áreas de: Neurocugía, Neuro-radiología, Radio-oncología y la Física-Médica (1). La labor primordial del Físico-Médico, estriba en la calibración del haz de radiación, la planeación dosimétrica de los tratamientos, la verificación periódica de los parámetros físicos de operación del sistema y el control de calidad del mismo. Existen varios parámetros que influyen en la obtención de la distribución de dosis como son: forma, tamaño, localización de la lesión, presencia de estructuras críticas adyacentes, espacio de irradiación, número y ponderación de las arcoterapias, espacio entre ellas y número y distancia entre isocentros; mediante los cuales se observa la incidencia sobre

las distribuciones de dosis y mediante modelos matemáticos se logra la optimización de estas.

Por otra parte, el control de calidad en radiocirugía estereotáctica tiene como fin minimizar los posibles errores que puedan cometerse durante un tratamiento y lograr optimizar sus resultados, buscando como ya se mencionó, un mínimo margen de riesgos en la operación de los sistemas (2).

En el presente trabajo se describe nuestra técnica para la evaluación de la dosis de radiación recibida por pacientes sometidos a tratamientos con Radiocirugía Estereotáctica (RE), así como los resultados de dicho proceso de medición.

## **2. BASES TEORICAS**

### *2.1. Conceptos fundamentales sobre radiocirugía:*

La radiocirugía se basa en el concepto de hacer llegar una dosis única o fraccionada de radiación ionizante con precisión óptima a un volumen de tejido patológico o alterado intracraneano. Actualmente únicamente se utiliza esta técnica en el tratamiento de patologías craneanas y del sistema nervioso central (2,3,4).

La radiocirugía se inicia en 1949 con Lars Leksell en Suecia, quien describe en 1951 por primera vez la radiocirugía estereotáctica y la propone como una alternativa a ciertos procedimientos neuro-quirúrgicos que en esa época tenían una mortalidad del 40 % . El procedimiento empleaba un tubo de rayos X que podía ser rotado y seguir la trayectoria de un arco, o posteriormente una unidad de cobalto-60 con 201 fuentes cuyos haces de radiación convergen en un mismo punto(3).

El acelerador lineal se desarrolló en los años 50 simultáneamente en Estados Unidos y Gran Bretaña, y en 1982 Betty y Derechinsky en París y Buenos Aires, emplearon por primera vez esta tecnología acoplada a los equipos de estereotaxia para la esterilización de tumores intracraneanos y la inactivación de malformaciones vasculares intracraneanas. Estos autores describen en 1984 su técnica, en la cual colocan al paciente en posición sentada (1).

La Radiocirugía del encéfalo es en muchas formas equivalente a la incisión quirúrgica del tejido ya que es un procedimiento ablativo e irreversible y es utilizada en aquellas lesiones que no tienen acceso quirúrgico.

### *2.2. Descripción de la técnica*

La radiocirugía estereotáctica es una modalidad de tratamiento en donde un volumen blanco bien definido recibe una alta dosis de radiación en una o varias sola sesiones dependiendo del tipo de lesión. La técnica de radiocirugía estereotáctica libera esta dosis utilizando un conjunto de arcos no coplanares y pequeños colimadores circulares con diámetros de 12.5 a 40 mm (ver figuras 1 y 2 del anexo).

Existen una serie de parámetros ajustables del acelerador y del sistema de tratamiento los cuales son: localización del isocentro, intervalo de rotación en arco del gantry (cabezal del acelerador lineal ), angulación de la camilla, tamaño del campo de radiación y dosis entregada (5, 6, 7) .

La fase de planeación del tratamiento es vital ya que en ella se determinan los parámetros ajustables de tal manera que el volumen blanco sea suficientemente

irradiado y las dosis a los tejidos sanos y a las estructuras críticas adyacentes a la lesión sean mínimas. Las imágenes con tomografía computadorizada, resonancia magnética o angiografía por sustracción digital, proveen la precisión requerida para la localización de las estructuras individuales en el volumen a tratar. La selección de los arcos utilizados para el tratamiento tiene constricciones geométricas que imponen las estructuras críticas adyacentes, para su diseño se utiliza el sistema visualizador de la trayectoria del haz de radiación Beam's eye view (BEV). El BEV permite observar en la pantalla del computador una imagen tridimensional de la forma como se verían el volumen blanco y las estructuras críticas adyacentes desde el foco de emisión del haz de fotones para diferentes condiciones de angulación de la camilla y del cabezal del acelerador lineal. La mayor parte de los esfuerzos se concentran en la definición de un conjunto de haces de radiación adecuados y los cálculos acerca de cómo se distribuye la dosis en la lesión. El aseguramiento del plan de tratamiento involucra el estudio de las distribuciones de dosis ( curvas de isodosis ) en el volumen blanco y la realización de los histogramas dosis-volumen (6) . La planeación dosimétrica se realiza utilizando un software llamado X-knife 3, que es la versión que posee la Fundación Santa Fe de Bogotá.

El control de calidad en RE es un programa multidisciplinario que básicamente es desarrollado en tres etapas:

- El diseño de un procedimiento metodológico, el cual, está basado en el análisis de riesgos probables.
- El control de calidad para cada tratamiento.
- La rutina de pruebas de aseguramiento de calidad, que son realizadas a intervalos fijos de tiempo.

Dentro de las características principales de un programa de control de calidad se tiene:

- Verificación de las tolerancias mecánicas del sistema.
- Alineación del campo luminoso, el campo de rayos X y el laser con el isocentro.
- Verificación de la coincidencia del blanco con el isocentro.

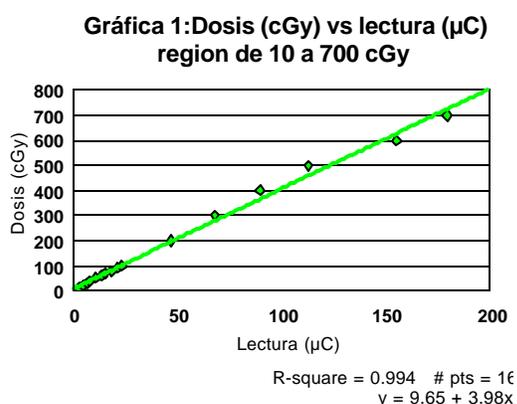
### **3. MATERIALES Y METODOS**

Para la realización de este trabajo se utilizaron los siguientes materiales:

- Un set de 60 cristales Termoluminiscentes (TLD-100 LiF; Mg;Ti).
- Un lector de cristales TL Harshaw 4500.
- Un horno para realizar limpieza (annealing) y precalentamiento (preheating) de los cristales.
- Una fuente de Cobalto-60 Theratron 1000 (Atomic Energy of Canada Limited)
- Un acelerador lineal de electrones (Varian Clinac 600C) perteneciente a la Fundación Santa Fe de Bogotá.
- Un maniquí para la simulación de tratamientos (ver figura 3 del anexo).
- Un marco estereotáctico para la colocación del maniquí en la simulación del tratamiento(ver figura 3 del anexo) .
- Placas de parafina para odontología.

El método general para la realización de este trabajo se puede resumir de la siguiente manera:

- Primera fase: Se lleva a cabo la calibración de los cristales TLD para las energías del Cobalto-60 y fotones de 6 MeV procedentes del acelerador lineal. En esta misma fase y mediante un estudio bibliográfico previo se determinaron las mejores condiciones de limpieza y precalentamiento, las cuales, fueron para la limpieza de 1 hora a 400°C y 2 horas a 100°C y para el precalentamiento de 10 minutos a 80°C .
- Segunda fase: Realización de procesos de simulación de los tratamientos con RE, además de la evaluación de la dosis recibida por los cristales TLD.
- Tercera fase: Los cristales son colocados directamente en un paciente.
- Cuarta fase: Evaluación de las dosis de radiación recibidas por recibidas por los pacientes durante el tratamiento con RE y comparación con la planeación dosimétrica.



#### 4. RESULTADOS

La calibración realizada para los cristales TLD con los fotones de 6Mev del acelerador lineal tuvo un comportamiento lineal como puede observarse en la gráfica 1.

Con esta gráfica fue posible obtener por regresión lineal la ecuación para calcular la dosis en función de la carga (válida en el rango de 10 a 700 cGy).

$$D(\text{cGy}) = 42.3\text{cGy} + 3.73\text{cGy}/\mu\text{C} * \text{Lect}(\mu\text{C}) \quad (1)$$

Luego de tener la ecuación (1) se realizó la colocación de los cristales TLD a un paciente al cual se le realizó un tratamiento con RE. En este punto es importante resaltar que dado que los colimadores utilizados proveen un haz con un diámetro de 12.5 mm, el cual es de mayor dimensión que la de los cristales y por ello se promedian las dosis registradas por cada uno de ellos y luego aplicando la relación tejido-máximo se encuentra la dosis correspondiente al centro de la lesión.

Al realizar los cálculos correspondientes se encontró una diferencia de +1.98% con respecto al valor de dosis prescrito, valor que se considera bastante aceptable.

## **5. DISCUSIÓN**

Este método de evaluación de la dosis es una importante herramienta para el radio-oncólogo, pues, le permite verificar las dosis de radiación que prescribe por tratamiento. La dosis medida con nuestro método tiene una desviación de +1.98% la cual está dentro del rango de precisión de las medidas realizadas con el tipo de cristal utilizado. Se han planteado varias alternativas para mejorar nuestros resultados como la de utilizar un mayor número de cristales y para un futuro realizar estas mediciones en un conjunto representativo de pacientes, lo cual será implementado en breve.

## **6. CONCLUSIONES**

El control de calidad en RE es de crucial importancia y con la implementación de este sistema de medición de las dosis en cada tratamiento se ve complementado. De todas maneras es importante realizar un mayor número de mediciones en una muestra más representativa de pacientes y posteriormente incluirlo en el sistema de planeación de los tratamientos para poder realizar los cálculos de manera automática.

## **7. REFERENCIAS**

- (1) Plazas MC, Principios Físicos de la Radiocirugía Estereotática, Revista Colombiana de Física, Volumen 30 Número 2, Bogotá Colombia (1988).
- (2) De Salles and Goetsch, Stereotactic Surgery and Radiosurgery, Medical Physics Publishing, (1993).
- (3) Eben Alexander, et al, Stereotactic Radiosurgery, Mc Graw Hill, (1993).
- (4) Johns HE, Cunningham JR, The Physics of Radiology, Springfield Illinois C.C. Thomas Publisher, (1983).
- (5) Michael S, Stereotactic Surgery, American Association of Physicists in Medicine by the American Institute of Physics, (1993).
- (6) Plazas MC, Exploitation Qualitative et Quantitative de la Dosimetrie 3-D pour la Planification Conformationnelle des Irradiation Intracarniennes en Radiochirurgie, Université Paul Sabatier de Toulouse, (1993).
- (7) Hakim EJ, et al. Radiocirugía: Principios y Aplicaciones en la Práctica Clínica, Fundación Santa Fe de Bogotá, (1996).