

Puesta en marcha del micro colimador – Apex para radiocirugía estereotáctica – SRS en la unidad de Radioterapia del Hospital Carlos Andrade Marín

¹William Oña Rodríguez, ¹William Espinoza Maldonado, ²Javier Arias Garcés,
³Víctor Altamirano Carpio

¹ Físico Médico del servicio de Radioterapia | Hospital Carlos Andrade Marín

² Biofísico del servicio de Radioterapia | Hospital Carlos Andrade Marín

³ Estudiante de la Carrera de Física | Escuela Politécnica Nacional

Enviado: 28-09-2016 | Aceptado: 15-11-2016

Resumen

Introducción: La radiocirugía estereotáctica permite el tratamiento de lesiones pequeñas entregando una única e hipo-fraccionada dosis de radiación calculada según las condiciones del tejido blanco y otros factores del paciente. El campo de fotones es generado en un acelerador lineal de electrones. Los haces de radiación para tratar las lesiones son conformados por un micro colimador (mMLC).

Materiales y métodos: En la implementación de la técnica se usaron un acelerador lineal y un micro colimador. Adicionalmente, dos cámaras de ionización, un diodo y un electrómetro. Los datos fueron realizados en un fantoma de agua marca IBA. Los parámetros dosimétricos medidos fueron la transmisión de radiación a través de las láminas, dosimetría absoluta (agua y aire) y dosimetría relativa (PDD y perfiles). Estos parámetros siguen la guía de recolección de datos de Apex para Monaco.

Resultados: Los valores de transmisión son definidos al 0.60% en el CAX, 0.39% y 0.34% en los extremos establecidos por el protocolo. Los datos obtenidos, para los factores de salida, ajustan de manera óptima la curva entre cada lectura y tamaño de campo respectivo. La tendencia de dichas curvas luego de ser filtradas en el software Omnipro son comparables a las de la referencia bibliográfica por parte de Elekta. Cada PDD con su respectivo tamaño de campo y cada perfil obtenido fueron analizados y aprobados por los requerimientos de los modeladores.

Discusión: La puesta en marcha del sistema de micro colimadores en radiocirugía inicia con pruebas sin novedad y listo para brindar tratamientos. La documentación entregada por el físico modelador de Elekta consta del paquete de algoritmos de simulación, parámetros geométricos de la máquina, datos de verificación para calibración y datos medidos.

Palabras clave: Radiocirugía, radioterapia, microcolimador, acelerador

Abstract

Introduction: Stereotactic radiosurgery allows the treatment of small lesions, giving only one hypo-fractioned, radiation dose, according to the conditions of targeted tissues and other external factors to the patient. In our case, the photon field is generated in a linear electron accelerator. Radiation beams to treat small lesions are formed by a micro collimator (mMLC).

Methods: A linear accelerator and a micro collimator were used when implementing the technique. Two ionization chambers, a diode and an electrometer were also used. Data was registered on an IBA brand water phantom. The dosimetry parameters measured were: radiation transmission through the laminated sheets, absolute dosimetry (water and air) and relative dosimetry (PDD and profiles). These parameters follow the Data recollection guide for Apex and Monaco.

Results: The transfer values were set at 0.60% in the CAX, 0.39% and 0.34% in the extremes established by protocol. Data obtained with the output factors adjust, in an optimum way, the curve for each measurement and corresponding field range. After filtering the data in an Omnipro software, the tendency line is now comparable with the references from Elekta. Every PDD with its own field range and every profile obtained were approved by the modelers.

Discussion: Setting up the micro collimator system in radiosurgery begins with satisfactory test results and is then ready to offer treatment to patients at this hospital. The documentation delivered by Elekta's modeler physicist includes a simulation algorithm pack, the machine's geometrical parameters, verification and calibration data and measured data.

Keywords: Radiosurgery, radiotherapy, micro collimator, accelerator

Introducción

La Radiocirugía es una técnica de tratamiento no invasiva, donde se aplica una alta dosis de radiación a un volumen específico en una o varias sesiones con la finalidad de eliminar un trastorno funcional o también la destrucción de tejidos anormales o cancerígenos. El procedimiento de radiocirugía permite que la radiación llegue únicamente a la zona de destino, por lo tanto, los tejidos sanos circundantes serán protegidos y presentarán una mínima lesión.

Para un proceso de radiocirugía en el Hospital Carlos Andrade Marín es necesaria la evaluación del paciente por parte de un comité de profesionales tales integrado por: neurocirujano, radiooncólogo y físico médico, los mismos que decidirán la modalidad de la terapia, el volumen a tratar, órganos en riesgo y la planificación en si del tratamiento donde cada uno de los procedimientos deberá tener un importante control de calidad¹.

La radiocirugía se la implementó gracias al “Add-On” llamado Apex del fabricante Elekta, el mismo que es un complemento para el colimador multiláminas del Acelerador Lineal modelo Synergy. Esta mejora posee un ancho de lámina mucho más delgado que las convencionales con lo que se podrá conformar campos de tratamiento de menor tamaño de acuerdo a las metástasis cerebrales que se presenten en los pacientes así como también una amplia gama de aplicaciones clínicas adicionales debido a la versatilidad de Apex, ya que cuenta con la posibilidad de interdigitalización de láminas y el pequeño diámetro de las mismas permite disminuir las penumbras, gradientes de dosis y transmisión, con lo que se logrará escalar fácilmente la dosis para llegar a la deseada.

El presente trabajo servirá como base para posteriores análisis estadísticos de pacientes tratados con radiocirugía en la Unidad de Radioterapia, donde se analizarán parámetros más específicos según la patología que se trate, cabe recalcar que la radiocirugía no solamente podrá ser utilizada para tratamientos focalizados al Sistema Nervioso Central sino que también cualquier tipo de tumor corporal cuyo tamaño no sobrepase los límites físicos del Apex.

Materiales y métodos

Los parámetros de medición físicos y dosimétricos medidos fueron mediciones de transmisión, dosimetría absoluta y dosimetría relativa (factor de dispersión total). Estos parámetros siguen la línea del protocolo de aceptación de Elekta para el sistema Apex².

Algunas características de los principales componentes para la implementación de la técnica de radiocirugía en el Hospital Carlos Andrade Marín se muestran en las tablas I y II respectivamente.

Tabla 1. Características del Linac Synergy de Elekta (Elekta Limited, 2008)

Características	Synergy/S
Energía de Fotones (MV)	6/15
Energía de Electrones	Si
Colimar Multihojas (MLC)	80 MLC (Tamaño de campo 40x40, espesor de hojas de 10mm)
Radiocirugía Estereostática	Conos (5mm - 50mm), Dynamic mMLC (APEX)
Administración de tratamiento	3D, IMRT, VMAT, SRS (optional)

Tabla 2. Características del sistema Ápex® (Elekta Limited, 2014) (Mendoza & López, 2015)

Características	Ápex®
Ancho de láminas en el isocentro	2.46 mm
Tamaño real de lámina	1.5 mm
Número de láminas	112 (56 pares)
Material de las láminas	Tungsteno
Máximo campo en el isocentro	15mm/s
Exactitud en el posicionamiento de lámina	± 0.58 mm
Energía máxima certificada	18 MV

Acorde con las recomendaciones publicadas³ se utilizaron dos cámaras de ionización y un diodo. La cámara CC01 (IBA Dosimetry, Schwarzenbruck, Germany) es una cámara de ionización tipo dedal con un volumen activo de 0.01cm³ y un diámetro interno de 2 mm, también se utilizó la cámara Scanditronix-Wellhofer CC13 con un volumen activo de 0.13 cm³, un diámetro interno de 6.0 mm y una longitud de 5.8 mm y un diodo PFD de 2 mm de diámetro interno con un volumen activo de 1.6 mm³.

Para lecturas absolutas se utilizó el electrómetro **Dose 1** con rango de intensidad de corriente de 0 a 500 nA con una precisión de +/- 1% y una resolución de 100 fC, las lecturas fueron llevada a cabo en un tanque IBA Blue Phantom 2 con un volumen de escaneo de 478 x 478 x 410 mm, un volumen de agua de 200 l, el grosor del tanque es de 15 mm y de acrílico, la exactitud de posición es de +/- 0.1 mm y la velocidad máxima de escaneo es de 50 mm/s.

Las pruebas realizadas se describen como sigue a continuación⁴:

a. Mediciones de transmisión

Para la fuga de radiación se juntaron todas las láminas del micro colimador y se procedió a la irradiación con 6 MV hacia una placa radiográfica ubicada en el isocentro. Adicionalmente se realizaron dos medidas laterales del CAX y se obtuvo un promedio. Esto fue a 1.5 cm de profundidad.

b. Dosimetría Absoluta

Para la medición de la dosimetría absoluta se siguió el protocolo TRS-398. La dosis fue medida para los haces de fotones de 6 MV y 15 MV.

c. Dosimetría Relativa (PDDs, diagonals and profiles)

Se tomaron medidas moviendo el detector en profundidad (PDD), para un control de la dosis en función de la profundidad, y movilizándolo al detector de forma paralela y perpendicular al eje del gantry (Profiles) para analizar la penumbra de la radiación en diversos campos. Los campos medidos fueron 2x2, 4x4, 6x6, 8x8, 10x10, 20x20, 28x28. También se usó el mismo protocolo y fantoma que en la absoluta.

Resultados

Se realizaron mediciones de la transmisión del mMLC de acuerdo a protocolos publicados^{5,6}, los resultados se muestran en la Tabla III.

Tabla 3. Mediciones de transmisión

Condiciones de medida	Campo Referencia (10x10 cm ²)	mMLC (cerrado)		
		Cámara en eje central	Cámara 2 cm a la derecha del eje central	Cámara 2 cm a la izquierda del eje central
SSD = 100 cm	Lpromedio (nC)	Lpromedio (nC)	Lpromedio (nC)	Lpromedio (nC)
Profundidad referencia = 1,6 cm		0,0838	0,048	0,054
Cámara CC13	14,06	Transmisión		
UM = 500		0,6%	0,34%	0,38%

Los factores de salida en agua (Scp) de acuerdo al protocolo^{5,7}, los resultados se indican en la Tabla 4.

Tabla 4. Mediciones de salida en agua (Scp)

Condiciones de medida	Número de hojas abiertas	Campo (cm ²)	Scp
SSD = 90 cm	2	0,49	0,4268
Profundidad = 10 cm	4	0,98	0,6654
Cámaras CC01 y CC13	6	1,48	0,7503
UM = 200	8	1,97	0,8061
	12	2,95	0,8637
	20	4,92	0,9219
	28	6,89	0,9597
	40	11,32	0,992
	46	12,59	1,015
Máx. (11,6x13,78)		11,6x13,78	10,236

En la figura 1 se muestra los factores de salida en función del tamaño de campo. Se tomaron PDDs y perfiles de dosis inplane y crossplane para los tamaños de campo indicados en la tabla 2 siguiendo el protocolo

de ELEKTA, las condiciones de medida son SSD = 90 cm cámara de ionización CC13, software OMNIPRO ACCEPT 7 para la adquisición de datos. La figura 2 indica el porcentaje de dosis a profundidad para el tamaño de campo 11,32 x 11,32 cm².

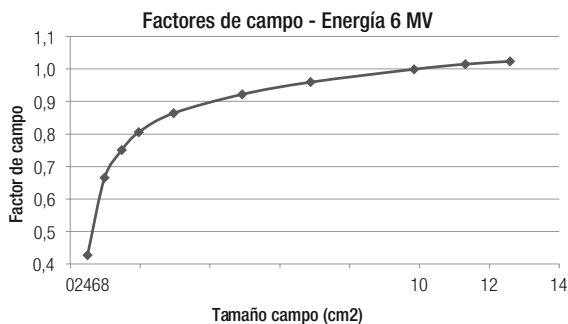


Figura 1. Factores de campo

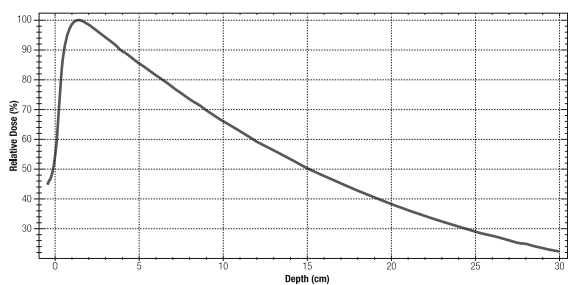


Figura 2. Porcentaje de dosis a profundidad 11,32 x 11,32 cm²

En la figura 3 se muestra el perfil de dosis crossplane para el tamaño de campo de 11,32 x 11,32 cm² a la profundidad de máxima dosis (1,6 cm).

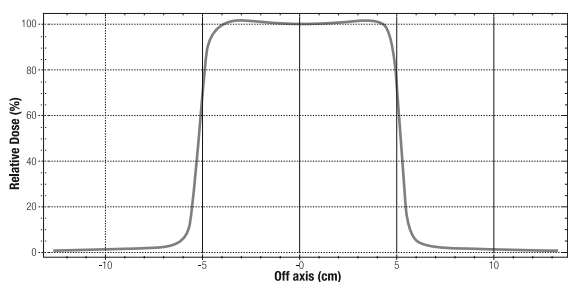


Figura 3. Perfil de dosis crossplane para 11,32 x 11,32 cm² en dmáx.

En la figura 4 se muestra el perfil de dosis crossplane para el tamaño de campo de 11,32 x 11,32 cm² a la profundidad de máxima dosis (1,6 cm).

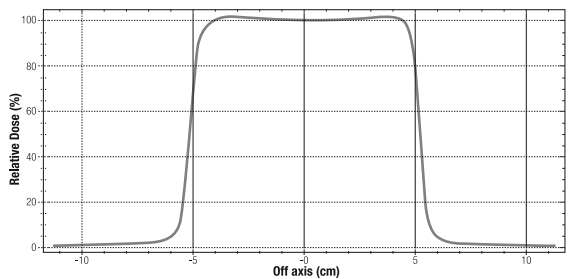


Figura 4. Perfil de dosis inplane para 11,32 x 11,32 cm² en dmáx.

Conclusiones

Los resultados obtenidos después de realizar las pruebas expuestas fueron enviados al físico modelador de campos encargado de realizar las simulaciones y modelizaciones por parte de la empresa encargada Elekta. El paquete validado contiene los modelos Pencil Beam y Monte-Carlo para APEX de 6 MV. Toda la documentación de respaldo reposa en los archivos de la Unidad de Radioterapia. Incluye los parámetros geométricos de la máquina, verificación de calibración, parámetros de los algoritmos y curvas de verificación de los datos medidos. El modelo de referencia 16838_WO-01378913_Synergy_2569_MLCi2_6MV fue aprobado y se encuentra listo para el respectivo control

de calidad y verificación in situ para iniciar tratamientos de radiocirugía en la Unidad.

Agradecimientos

Agradecemos a la Unidad de Radioterapia del Hospital Carlos Andrade Marín.

Fuente de financiamiento

Los autores.

Declaración de conflicto de interés

Ninguna.

Referencias

1. Phillips, M. H. *Physical Aspects of Stereotactic Radiosurgery*. New York: Springer Science+Business Media; 1997.
2. Elekta Limited. *Manuales del acelerador Sinergy. Site Planning Environmental Information*. Fleming Way, Crawley, United Kingdom: Elekta Limite; 2008.
3. Aspradakis, M., Byrne, J., Palmans, H., Duane, S., Conway, J., Warrington, A., & Rosser, K. *IPEM report 103: Small field MV photon dosimetry*. International Atomic Energy Agency (IAEA). 2010; 182.
4. Ayala, E. *Notas del Curso de Física Nuclear y Radiaciones*. Quito: Facultad de Ciencias, EPN; 2008.
5. Elekta Limited. *Apex Customer Acceptance Tests*. Fleming Way: Elekta Limited, 2014.
6. Godwin, G., Simpson, J., & Mugabe, K. *Characterization of a dynamic multi-leaf collimator for stereotactic radiotherapy applications*. *Physics in medicine and biology*. 2012; 57(14): 4643-4654.
7. Mendoza, I., & López, C. *Comparación Básica de Micromultiláminas de doble foocalización: Larancio 3mm vs Appex 2.5mm empleados en radiocirugía estereotáctica*. *Revista latinoamericana de física médica*. 2015; 3(3): 4-8.