

Espectros y dosis absorbida por fotoneutrones en un maniquí de agua sólida expuesta a una Linac de 15 MV

Jorge Benites-Rengifo^{*/1,3}, Héctor René Vega-Carrillo², Jesús Velázquez-Fernández³

¹Servicio Seguridad Radiológica, Centro de Cancerología de Nayarit, SSN, Calzada de la Cruz 118 Sur, C.P. 63000, Tepic, Nayarit, México

²Unidad Académica de Estudios Nucleares de la Universidad Autónoma de Zacatecas, Apdo. Postal 336, 98000, Zacatecas, Zac. México

³Posgrado en CBAP, Universidad Autónoma de Nayarit, Carretera Tepic-Compostela km 9, 63780, Xalisco-Nayatit, México

Resumen: Usando métodos Monte Carlo se modeló un maniquí de agua sólida; según el ICRU 44 (ICRU 1989), Tissue substitutes in radiation dosimetry and measurements, de la International Commission on Radiation Units and Measurements; Report 44. (Bethesda MD) este material WT1 está hecho de 8.1% de H, 67.2% de C, 2.4% de N, 19.9% de O, 0.1% de Cl, 2.3% de Ca y su densidad es de 1.02 gr/cm³. El maniquí se colocó en sustitución del paciente, dentro de la sala de tratamiento y se determinó los espectros y dosis absorbida por fotoneutrones expuesta a un Linac de 15 MV.

Palabras clave: Linac, Fotoneutrones, Monte Carlo.

1. Introducción

Cuando se producen fotoneutrones en los LINACs, estos se dispersan en la sala de tratamiento provocando interacciones con el concreto estructural de las paredes del búnker, piso, techo, puerta, camilla y demás accesorios del búnker. Debido a estas interacciones, los fotoneutrones pierden energía y se convierten en neutrones térmicos. Estos pueden producir rayos gamma de captura neutrónica con energías hasta de 8 MeV, dependiendo del material donde se produzca la captura (Chilton, Shultis y Faw 1984; Nelson, Hirayama y Rogers 1985). Uno de los riesgos radiológicos asociados a este fenómeno es la inducción de Ar-41 en el aire dentro de la sala de tratamiento (Vega-Carrillo *et al.*, 2007b), así como la producción de N-13 cuyas vidas medias son de 2 y 10 minutos respectivamente.

Los neutrones producidos en los Linac presentan alta eficiencia radiobiológica y representan un riesgo para el paciente y para el personal ocupacionalmente expuesto del hospital que labora en el entorno del Linac, pues existe la probabilidad que algunos neutrones puedan salir del búnker o puedan activar materiales y accesorios dentro del búnker, lo que representaría un problema de blindaje y de protección radiológica.

En este sentido, se pueden encontrar reportes donde se ha intentado evaluar el riesgo que representa los fotoneutrones en las salas de teleterapia que cuentan con Linac. [Ateia *et al.*, 2008; Barquero *et al.*, 2002; D'Errico *et al.*, 2001; McGinley *et al.*, 1976].

2. Materiales y Métodos

Se modeló un maniquí con dimensiones de 100 x 30 x 30 cm³, el IC se puso a 5 cm debajo de la cara que recibe el haz de neutrones, tal como se observa en la Figura 1.

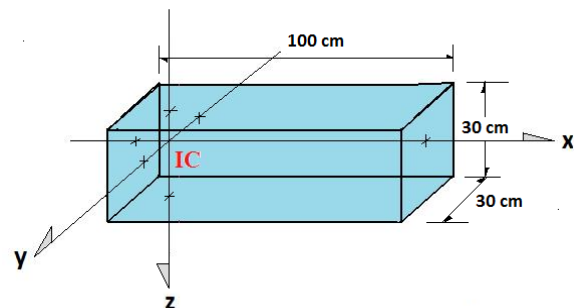


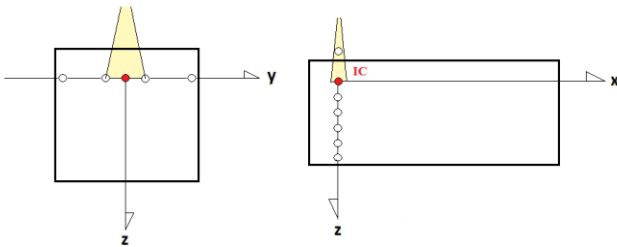
Figura 1. Maniquí de agua sólida.

* E-mail corresponding author: jbenitesr@prodigy.net.mx
Telephone: +52-(311)-2135546 X 55
Fax: +52-(311)-2135545 x 55

Dentro del maniquí se colocaron varias celdas esféricas de 0.9 cm de radio que se distribuyeron a lo largo, ancho y profundidad del maniquí de agua sólida.

En la Figura 2a se muestra el corte lateral del maniquí y se indica la posición donde se colocaron las celdas a lo largo del eje Y del maniquí, en el plano Y-Z. El círculo rojo representa la celda donde está el isocentro y además se representa el campo de radiación que proyecta el haz de neutrones que viene del cabezal del acelerador lineal. Se utilizó un tamaño de campo de radiación de $5 \times 5 \text{ cm}^2$. En cada celda se calculó el espectro de los neutrones, la fluencia total, el Kerma en agua sólida y la dosis absorbida.

En la Figura 2b se muestra el maniquí de vista lateral y se muestra la ubicación de las celdas a diferentes profundidades a lo largo del eje Z, una de estas celdas está fuera, que representa la piel del maniquí. Luego se determinaron los espectros neutrónicos, las fluencias de neutrones y las dosis absorbidas en agua sólida.



Figuras (2a): Posición de celdas en el eje Y; (2b) Celdas en plano X-Z.

De igual modo se consideró la geometría del maniquí en el plano X-Z y se determinaron los espectros neutrónicos, las fluencias de neutrones totales y las dosis absorbidas en agua sólida.

3. Resultados

En la figura 3 se muestra el espectro de neutrones en el eje Y del maniquí.

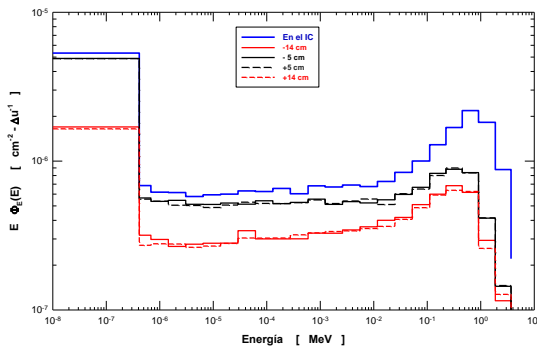


Figure 3. Espectro de neutrones en el eje Y

Se integraron los espectros de neutrones por unidad de energía y se determinaron las fluencia de neutrones totales a lo largo del eje Y. Los resultados se muestran en la Figura 4, donde se observa que la mayor fluencia se produce en el isocentro del campo de radiación.

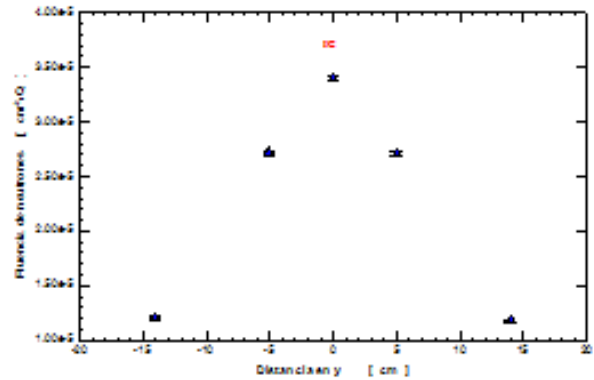


Figura 4. Fluencia de neutrones totales en eje Y.

En la figura 5 se muestra la dosis absorbida y el Kerma en el tejido equivalente del eje Y del maniquí de agua sólida. Se observa que en el isocentro se presenta mayor dosis absorbida y kerma en tejido equivalente.

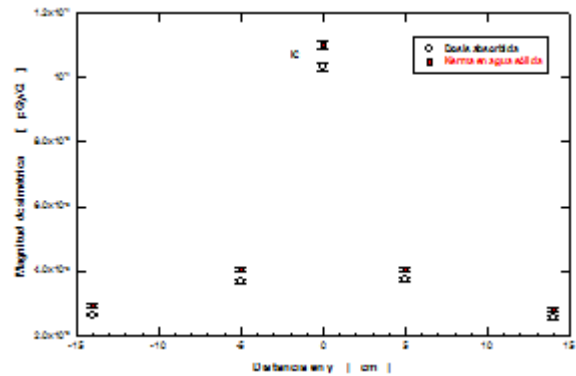


Figura 5. Dosis absorbada y Kerma en eje Y del maniquí.

En la figura 6 se muestra el espectro de neutrones a lo largo del eje Z del maniquí de agua sólida, que representa los diferentes espectros a diferentes profundidades del maniquí. Se observa que la mayor respuesta se produce en el isocentro.

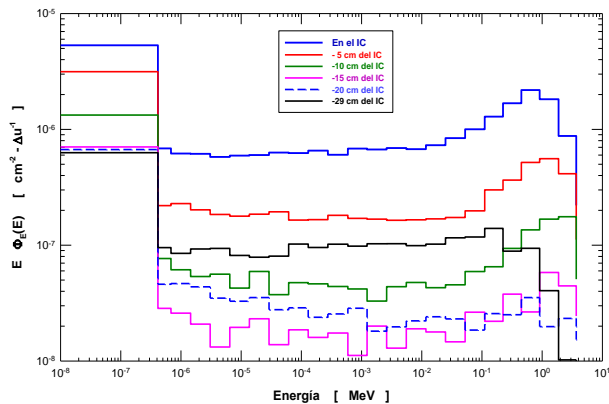


Figura 6. Espectro de neutrones en el eje Z.

5. Conclusiones

Los espectros y las dosis absorbidas presentaron simetría a lo largo del eje Y, sin embargo a lo largo de los ejes X y Z encontramos disminuciones de sus valores conforme la distancia se incrementan respecto del isocentro.

En las diferentes geometrías del maniquí de agua sólida, la mayor fluencia, dosis absorbida y kerma en tejido equivalente por fotoneutrones se da en el isocentro del campo de radiación, por lo que la mayor dosis por neutrones los recibe el isocentro del paciente.

Los espectros por neutrones a diferentes profundidades van decreciendo por efecto de la distancia e igualmente sucede con la dosis absorbida y kerma del maniquí de agua sólida.

Referencias

- [1] Ateia E., Ciraj-Bjelac O., Kovacevic M., Belicev P., Cvetkovic B. and Anicin I. (2008). Additional dose assessment from the activation of high-energy linear accelerator used in radiation therapy. *Nuclear Technology of Radiation Protection* **2**:58-63.
- [2] Barquero R, Méndez R, Iñiguez MP; Vega-Carrillo HR; Voytech M. (2002). Thermoluminescence measurements of neutron dose around a medical Linac. *Radiation Protection Dosimetry* **101**: 493-506.
- [3] Chilton, A.; Shultis, J. and Faw R. (1984). *Principles of Radiation Shielding*. Englewood Cliffs NJ USA. Prentice Hall.
- [4] D'Errico F, Luszik-Bhadra M, Nath R, Siebert B.R.L, Wolf U. (2001) Depth dose-equivalent and effective energies of photoneutrons generated by 6-18 MV X-ray beams for radiotherapy. *Health Physics* **80**: 4-11.
- [5] Forster, RA et al. (2004). *MCNPTM Version 5*. Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B **213**: 82-86.

- [6] ICRU 44 (1989), Tissue substitutes in radiation dosimetry and measurements. International Commission on Radiation Units and Measurements; Report 44. Bethesda, MD.
- [7] McGinley P.H., Wood M., Mills M. Rodriguez R. (1976) *Dose levels due to neutrons in the vicinity of high-energy medical accelerators*. *Medical Physics* **3**: 397-402.
- [8] Nelson W. R., Hirayama H. and Rogers D.W.O. (1985). The EGS4 Code System. Stanford Linear Accelerator Center Report SLAC-265.
- [9] Vega-Carrillo, H.R., Manzanares-Acuña, E., Iñiguez, M.P., Gallego, E., Lorente, A. (2007b). *Spectrum of isotopic neutron sources inside concrete wall spherical cavities*. *Radiation Measurements* **42**: 1373-1379.