

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Toluca, Méx., México

* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: juan.garcia@inin.gob.mx

Según el último informe de UNCEAR 2008, la exposición médica ha crecido hasta representar el 0.6 mSv per cápita. Si bien este uso médico de las radiaciones posee un relevante impacto social también se debe considerar que cada vez con más frecuencia se están presentando en los pacientes radiolesiones que antes no se daban. En el caso de la tomografía pediátrica, “*el niño no es un adulto pequeño*” es un aforismo aplicable al diagnóstico por imágenes pediátrico. El especialista pediátrico debe seleccionar el protocolo adecuado para obtener imágenes diagnósticas con el menor riesgo por el uso de radiaciones.

Esto justifica con creces las estrategias que deban llevarse a cabo para alcanzar el mayor nivel posible de protección radiológica de los pacientes, sin comprometer la capacidad diagnóstica ni terapéutica.

Aunque el radiodiagnóstico representa una contribución importante a la medicina clínica, también constituye una exposición importante de los pacientes a la radiación. Por eso, los exámenes con rayos X deben realizarse empleando todos los medios posibles para obtener el objetivo diagnóstico con el mínimo de exposición al paciente. Especial atención debe darse a la radiología pediátrica pues el riesgo es mayor en niños que en adultos, debido a la gran actividad mitótica y mayor sensibilidad a la radiación en especial de algunos órganos como tiroides, gónadas, mamas y médula ósea. A ello se suma la mayor esperanza de vida y posibilidad de estudios radiológicos futuros. Se estima que la exposición a la radiación en los primeros 10 años de vida produce un detrimiento radiológico 3 veces más grande que el de individuos con edad entre 30 y 40 años y 5 veces más grande que el de personas con 50 años de edad.

La justificación es la primera fase de la protección radiológica, especialmente en los pacientes pediátricos. Nunca se puede justificar la exposición de un paciente con fines diagnósticos sin una indicación clínica *válida*, por buena que sea la calidad de la imagen. La justificación exige que una persona con formación y experiencia en radiología y radio-protección asuma toda la responsabilidad clínica del examen. Los estudios realizados en diversos países han demostrado que muchos de los estudios de radiología y en especial tomografías se realizan después de una justificación no válida.

Por otra parte, para obtener una imagen de buena calidad y con dosis reducida al paciente, se recomienda que los exámenes pediátricos se realicen con el equipo y factores técnicos dedicados específicamente a la radiografía pediátrica, con filtración adicional, tiempos de exposición muy cortos y sin rejillas antidifusoras. Cuando éstas son necesarias, se recomienda el uso de rejillas hechas con materiales de baja atenuación, tales como las de fibra de carbono, como material entre láminas, u otros materiales no metálicos, una relación de rejilla de 8, y 40 láminas/cm (rejilla móvil). Son esenciales los dispositivos para la inmovilización del paciente pediátrico para mantener la posición correcta del campo de radiación. La posición incorrecta es la causa más frecuente de calidad inadecuada de la imagen en radiología pediátrica y de las repeticiones de exámenes radiográficos.

Los sistemas de inmovilización deben ser fáciles de usar y su empleo no debe ser traumático para el paciente.

El énfasis está entonces en la justificación de los procedimientos médicos y en la optimización de la protección radiológica. En los procedimientos diagnósticos e interventionistas, la justificación de los mismos (con un objetivo definido y a un paciente específico), y el manejo de la dosis al paciente, acorde al objetivo médico, son mecanismos apropiados para evitar una exposición a la radiación innecesaria o improductiva.

CM10: Neutrinos en torno a LINACs de uso médico

H. R. Vega-Carrillo*

Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, Zac., México

* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: fermineutron@yahoo.com

Introducción: A nivel mundial, cada año, el cáncer mata más personas que la tuberculosis, el paludismo y el sida juntos¹. No obstante, hay diferentes alternativas para el tratamiento del cáncer, la radioterapia con aceleradores lineales (LINACs) es la técnica más usada². Cuando el LINAC opera con voltajes superiores a los 8 MV, el haz de tratamiento es acompañado por neutrones que se generan en reacciones (n) o (e, e' n)³. La presencia de estos neutrones, constituye un tema importante de la protección radiológica para el paciente y el personal de la instalación. Durante varios años hemos caracterizado los campos de neutrones en torno a LINACs en el país y el extranjero; lo que nos ha permitido desarrollar nuestra propia tecnología. El objetivo de este trabajo es mostrar algunos de estos resultados y los procedimientos desarrollados.

Materiales y métodos: Para determinar los espectros de los neutrones dentro de los LINACs hemos usado el espectrómetro de esferas Bonner con detector pasivo formado por pares de dosímetros termoluminiscentes TLD600 y TLD700⁴, cuya matriz de respuesta la hemos calculado⁵. Para la reconstrucción del espectro hemos desarrollado 2 códigos, uno de estos usa la tecnología de la inteligencia artificial mediante redes neuronales artificiales^{6,7}; mientras que el otro usa el algoritmo SPUNIT donde el inconveniente de contar con un espectro inicial hemos incluido un catálogo de espectros^{8,9}. Con la información de los espectros calculamos la H*(10), así como la E y la H_{p,slab}(10) para diferentes proyecciones de exposición. Uno de los inconvenientes de usar un espectrómetro pasivo es que por cada esfera hay que disparar el LINAC, lo que implica ocupar un tiempo importante, para evitar esto hemos desarrollado un procedimiento que necesita de un solo disparo del acelerador, a este método le hemos denominado el método Planetario¹⁰. En muchas instalaciones no se cuenta con un monitor de área para neutrones, probablemente se debe a que la presencia de neutrones no se considera un problema importante y al costo de inversión y operación que implica, para esto hemos diseñado un monitor pasivo que puede usar, pares de TLDs, detectores de activación o detectores de trazas del tipo CR39.

Los cálculos los hemos realizado mediante métodos Monte Carlo con los códigos MCNP5 y MCNPX.

Resultados: Con la tecnología desarrollada hemos caracterizado el campo de neutrones en torno a un ciclotrón para PET, varios LINACs, fuentes isotópicas de neutrones y un reactor nuclear de investigación.

Conclusiones: Hemos desarrollado la tecnología necesaria para caracterizar el campo de neutrones dentro de las salas de radioterapia con LINAC y determinar la $H^*(10)$, E y la $H_{p,slab}(10)$. También hemos desarrollado un monitor pasivo de área para neutrones que puede usar 3 tipos diferentes de detectores de neutrones.

Bibliografía

1. IAEA. Fighting cancer in developing countries. International Atomic Energy Agency Bulletin 2010;52:1:1-5.
2. Barquero R, Edwards TM, Iñiguez MP, et al. Monte Carlo simulation estimates doses to critical organs of a patient undergoing 18 MV x-ray LINAC-based radiotherapy. *Med Phys* 2005;32:3759-3589.
3. NCRP. Neutron contamination from medical electron accelerators. National Council on Radiation Protection and Measurements report 79, Bethesda, MD. NCRP (1984).
4. Vega-Carrillo HR. TLD pairs as thermal neutron detector, in neutron multisphere spectrometry. *Radiat Meas* 2002;35:251-254.
5. Vega-Carrillo HR, Wehring BW, Veinot KG, et al. Response Matrix for a Multisphere spectrometry using a ^{6}LiF thermoluminescent dosimeter. *Radiat Prot Dosim* 1999;81:133-140.
6. Vega-Carrillo HR. Neutron spectrometry using Artificial Neural Networks. *Radiat Meas* 2006;41:425-431.
7. Ortiz-Rodríguez JM, Martínez-Blanco MR, Gallego E, et al. IAEA Procc Series STI/PUB/1460. p. 1-9.
8. Vega-Carrillo HR, Iñiguez MP. Catalogue to select the initial guess spectrum during unfolding. *Nucl Instrum Methods Phys Res A* 2002;476:270-272.
9. Vega-Carrillo HR, Ortiz-Rodríguez JM, Martínez-Blanco MR. NSDUAZ unfolding package for neutron spectrometry and dosimetry with Bonner spheres. *Appl Radiat Isot* 2012;71:87-91.
10. Benites-Rengifo JL, Vega-Carrillo HR, Velazquez-Fernandez J. Photoneutron spectrum measured with Bonner sphere spectrometer in Planetary method mode. *Appl Radiat Isot* in press, (2013).

CM11: Matrices de riesgo en radioterapia. Experiencia de hospitales en Latinoamérica

C. Duménigo^{a,*}, R. López^b, A. Paz^b, M. Manríquez^c, S. Santos^c, A. Marques^c, F. Pérez^a, R. Pérez^c, M. Pallaroso^c, R. Contreras^c, A. Maldonado^c, E. Hernández^c, M. Hinojosa^c, M. Palafox^c, R. Waldo^c, G. Hernández^c, L. Matamoros^c, S. Neira^c, P. Pacheco^c, L. Cortés^c, M. Godin^c, J. Aponte^c, F. Fragoso^c, A. González^c, G. Reséndiz^c, E. Medel^c, L. Coronado^c, M. Rodríguez^c, J. Lárraga^c, J. Rocha^c, A. Aldana^c, J. Roa^c, A. Verdín^c, J. Moreno^c, J. Rodríguez^c, F. Rodríguez^c y R. Genis^c.

^a Centro Nacional de Seguridad Nuclear, Cuba

^b Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, México D.F., México

^c Físicos Médicos de Hospitales de Latinoamérica

* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: cruz@orasen.co.cu

Introducción: Los accidentes en la práctica de radioterapia han causando daños particularmente severos a los pacientes. Es importante aplicar metodologías que permitan anticiparnos a potenciales accidentes para poder evitarlos. El presente trabajo muestra la experiencia de hospitales de Latinoamérica que han aplicado la metodología de “matrices de riesgo” y la herramienta informática SEVRRA para evaluar sus riesgos.

Materiales y métodos: El método de matrices de riesgo consiste en subdividir las variables independiente de la ecuación de riesgo ($R=f^*p^*C$) en niveles cualitativos (ejemplo alto, medio, bajo y muy bajo) y haciendo todas las combinaciones lógicas posibles se puede obtener una matriz de 64 combinaciones que permite estimar el riesgo resultante¹. La herramienta informática SEVRRA² fue utilizada para facilitar la aplicación de la metodología. Esta permite, a los hospitales, analizar un listado general de sucesos iniciadores, considerar las defensas existentes y obtener la evaluación del riesgo de todas las secuencias accidentales.

Resultados: Como resultado del trabajo 27 hospitales pudieron conocer las secuencias de accidentes de mayor riesgo, en sus condiciones específicas de trabajo. A continuación se muestra, a manera de ejemplo, las 6 secuencias evaluadas como “riesgo alto” en todos los centros que analizaron los tratamientos con LINAC.

- Introducir al TPS datos erróneos para calcular las unidades monitor.
- Error al denominar volúmenes, etapas, fracciones y campos al editar hoja de tratamiento en LINAC.
- Colocar erróneamente al paciente en la mesa de tratamiento para la sesión inicial del tratamiento.
- Error en el marcado definitivo del paciente.
- Omitir marcas de referencia de la TAC de simulación o hacerlo erróneamente.
- No implementar modificaciones del tratamiento como resultado de evaluación semanal del paciente.

Para los 4 hospitales que analizaron BTHDR, en la figura 1 se muestran 2 barreras que pudieran contribuir a la reducción del riesgo en la mayoría de las secuencias accidentales evaluadas con “riesgo alto”.

Conclusiones: La metodología de matrices de riesgo y la herramienta SEVRRA han demostrado su utilidad para usuarios y reguladores. Los hospitales pueden identificar sus propios problemas y los reguladores pueden utilizar estos resultados para perfeccionar sus procedimientos de inspección y evaluación. Se demostró que disponer de resultados de varios hospitales manejados por la herramienta SEVRRA permite a los usuarios conocer la experiencia de otros hospitales análogos en la reducción de riesgos inaceptables.

Agradecimientos

Al Proyecto TSA3 del OIEA (protección radiológica del paciente) y al Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares.