

Efectos biológicos de las radiaciones: importancia de la protección radiológica

Entrevistador: Álvaro Vázquez^{1}*

Entrevistado: Alejandro Nader^{2}*

Resumen

Los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes son la consecuencia de un número importante de fenómenos desencadenados por el pasaje de radiación a través de un medio biológico y pueden producir alteraciones de la estructura y/o de la función de las células que pueden llegar a ocasionar la muerte de las mismas, siendo esta la base biológica de la acción de los equipos de tratamiento de cáncer en Radioterapia. Los efectos biológicos de la radiación dependen de la dosis y del tiempo en que esa dosis es absorbida (tasa de dosis).

La disciplina que establece los requisitos y recomendaciones en referencia a la protección del hombre frente a las radiaciones ionizantes es la Radioprotección o Protección radiológica.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica conocida por ICRP por su sigla en inglés y el Organismo Internacional de Energía Atómica -OIEA, son las instituciones encargadas de diseñar los fundamentos, requisitos, guías, y recomendaciones para conocimiento de todos los Estados quienes podrán, si así lo deciden, adoptarlas como normativa.

Palabras clave: radiaciones ionizantes, radio protección.

1*. Médico Oncólogo Coordinador de la Maestría en Mastología del Centro de Ciencias Biomédicas de la Universidad de Montevideo; Coordinador del Centro Oncológico del Norte – Hospital de Tacuarembó

2*. Integrante de la Organización Internacional de Energía Atómica

Abstract

The biological effects of ionizing radiation are the result of a significant number of phenomena triggered by the passage of radiation through a biological medium and can produce alterations in the structure and/or function of the cells, including their death. This constitutes the biological basis for the actions carried out by radiation therapy cancer treatment equipment. The biological effects of radiation depend on the dose and the period of time over which this dose is absorbed (dose rate). Radioprotection, or Radiological Protection, is the field of study which determines requirements and recommendations with regard to the protection of human beings in the face of ionizing radiation. The International Commission on Radiological Protection (ICRP) and the International Atomic Energy Agency (IAEA) are the organizations responsible for designing basic requirements, guides and recommendations, which are available to all countries, which may, if they so wish, include them in their regulatory frameworks.

Key words: ionizing radiation, radio protection.

Los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes son la consecuencia de un número importante de fenómenos desencadenados por el pasaje de radiación a través de un medio biológico. Las radiaciones ionizantes pueden producir alteraciones de la estructura y/o de la función de las células que pueden llegar a ocasionar la muerte de las mismas, siendo esta la base biológica de la acción de los equipos de tratamiento de cáncer en Radioterapia.¹

Si bien todas las estructuras de la célula pueden ser afectadas por la radiación, el blanco principal de su acción lo constituye la molécula de ácido desoxirribonucleico (ADN) contenida en el núcleo, en la que reside la información básica para la síntesis de todas las proteínas celulares.

Los efectos biológicos de la radiación dependen de la dosis y

del tiempo en que esa dosis es absorbida (tasa de dosis). No es lo mismo recibir una determinada dosis en unos segundos que a lo largo de varios meses y esto se relaciona con la presencia de mecanismos celulares de reparación del daño. En efecto, cuando se irradia con una baja tasa de dosis las células tienen un tiempo mayor para reparar el daño ocasionado por la radiación. Por otra parte, el efecto biológico es mayor cuando una determinada dosis se entrega en una única fracción que si esa misma dosis se entrega en varias fracciones separadas por un intervalo de tiempo (fraccionamiento de la dosis).

Cuando las alteraciones inducidas por la radiación involucran a las células somáticas, se afectará sólo el individuo irradiado; en cambio si las células dañadas son células germinales (óvulos o espermatozoides), además de poder ocasionar un determinado daño sobre el individuo co-

mo puede ser la esterilidad, los efectos pueden ser transmitidos a su descendencia.^{2,3} Este hecho da lugar a una primera clasificación de los efectos biológicos de las radiaciones: efectos somáticos o efectos hereditarios.

Los efectos somáticos a su vez se clasifican en: Determinísticos y Estocásticos, de acuerdo a que sean inmediatos a la irradiación o a distancia en el tiempo.

Los *Determinísticos* son aquellos que se manifiestan a partir de un valor de dosis mínima (dosis umbral), por debajo de la cual el efecto no se observa y está relacionado con la muerte celular de la zona irradiada. Si la pérdida es importante se producirá un daño susceptible de ser observado, reflejo de una pérdida de funcionalidad del tejido. Al incrementarse la dosis de radiación son cada vez menos las células que sobreviven

y tanto, los efectos Determinísticos aumentan en gravedad y frecuencia. Algunos de estos son: el eritema, la radio dermatitis, la necrosis, depilación temporal o permanente, el Síndrome Agudo de Radiación, la esterilidad y las cataratas.

Los *Estocásticos* están vinculados con la transformación celular y ocurren cuando como consecuencia de una exposición a la radiación se produce una mutación compatible con la vida de la célula por lo que el resultado final es una célula viable pero portadora de una mutación en su genoma (célula transformada). No tienen umbral, lo que significa que aún mínimas dosis de radiación incrementan la probabilidad de que ocurran, pudiendo presentarse mucho tiempo después de la exposición. Si la mutación ocurre en células germinales puede transmitirse a la descendencia, por lo que se denominan hereditarios y pueden hacerse evidentes después de varias generaciones. El principal efecto de este grupo es la carcinogénesis radio inducida.⁴

La disciplina que establece los requisitos y recomendaciones en referencia a la protección del hombre frente a las radiaciones ionizantes es la Radioprotección o Protección radiológica. Estas radiaciones sin duda son peligrosas pero también beneficiosas, no sólo desde el punto de vista médico sino en la industria, agricultura, hidrología y enseñanza entre otros usos. Se debe enfatizar el concepto de que las radiaciones deben ser tratadas con cuidado y respeto más que con temor.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica conocida por ICRP por su sigla en inglés y el Organismo Internacional de Energía Atómica –OIEA, son las instituciones encargadas de diseñar los fundamentos, requisitos, guías, y recomendaciones para conocimiento de todos los Estados quienes podrán, si así lo deciden, adoptarlas como normativa y regulación nacionales.⁵

En el momento actual, teniendo en cuenta la importancia del tema de la protección radiológica en las exposiciones médicas, se realizó una entrevista dirigida al Dr. Alejandro Nader, médico uruguayo que estuvo a cargo de la autoridad reguladora nuclear en nuestro país y que actualmente se desempeña en OIEA.

¿Cuál es su responsabilidad actualmente como funcionario del Organismo Internacional de Energía Atómica en Viena?

Desde finales del pasado año y luego de 8 años como responsable de la seguridad radiológica en el país en el ámbito del Ministerio de Industria, me encuentro trabajando en el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) cuya sede central se encuentra en Viena. Concretamente, me desempeño en la Unidad de Protección del Paciente dentro del Departamento de Seguridad Nuclear como oficial técnico del proyecto regional para América latina que se ocupa del Área Temática de Seguridad n° 3, denominada “Protección y Seguridad Radiológica en las Exposiciones Médicas.”

Cuando nos habla de protección radiológica en las exposiciones médicas ¿se refiere a proteger solamente a los pacientes?

La respuesta es no. Creo es muy importante definir y dejar en claro algunos términos y conceptos que pueden llevar a confusión. *Exposición médica* es toda aquella irradiación que se da sobre un paciente ya sea por razones de diagnóstico o de terapia, vale decir a manera de ejemplo cuando tomamos una placa de tórax para estudiar pulmones o cuando a un paciente se le realiza un tratamiento de teleterapia con Cobalto 60 o con Acelerador Lineal de Electrones, procurando curar su patología tumoral. Está claro entonces que la exposición médica se da sobre los pacientes por razones médicas de diagnóstico o de terapia.

Esa dosis de radiaciones ionizantes que reciben los mismos deberán en primer lugar estar debidamente justificadas y luego ser tan bajas como sea razonablemente alcanzable (optimización) para lograr el efecto buscado. Las dosis deben ser tales, que resulten óptimas para conseguir un buen diagnóstico o terapia, minimizando la aparición de efectos secundarios o indeseados en el paciente.

No obstante vale destacar que de acuerdo al ICRP – Comisión Internacional de Protección Radiológica hay un considerable espacio para la reducción de dosis en radiología sin pérdida de información diagnóstica. Al mismo tiempo, mientras nuevos equipos de diagnóstico y nuevas técnicas traen nuevos

beneficios, alguno de los procedimientos involucra la entrega a los pacientes de relativamente altos niveles de exposición a las radiaciones. Han sido reportados daños por radiaciones en radiología intervencionista (catereterismos por ejemplo) y también exposiciones accidentales en radioterapia, episodios éstos que han focalizado la atención en la necesidad de mejorar la protección radiológica de los pacientes sometidos a exámenes de radiodiagnóstico, especialmente en radiología intervencionista así como en medicina nuclear y en radioterapia. Los profesionales o técnicos que operan los equipos emisores de radiación, también están sometidos a las referidas exposiciones y esto es algo que debe tenerse muy en cuenta a la hora de considerar la protección radiológica ocupacional.

¿Es decir, que hay una relación estrecha con la protección ocupacional?

Sí, sin lugar a dudas. Existe una zona “gris” entre la protección radiológica médica como dijimos considerando al paciente y protección radiológica del personal ocupacionalmente expuesto a las radiaciones.

Pensemos que si bien el paciente es irradiado y eventualmente con dosis altas, se está logrando con ello un “beneficio neto” como puede ser diagnosticar una patología en los estadios iniciales con las ventajas que ello conlleva o curar definitivamente una patología tumoral. Pero por su parte, el trabajador expuesto deberá tomar los recaudos nece-

sarios y en línea con las estrictas normas reguladoras como forma de proteger su salud, optimizando su protección teniendo en cuenta que a lo largo de su vida laboral está permanentemente expuesto a las radiaciones.

El área ocupacional es otra área temática de seguridad en la que el OIEA trabaja.

¿Cuáles son las principales áreas a las cuales se refiere el proyecto regional que Ud tiene a su cargo?

Con este proyecto el OIEA busca optimizar las prácticas que involucran someter a los pacientes a exposiciones con radiaciones ionizantes y se refiere a 3 áreas o especialidades a saber: Radiodiagnóstico, Medicina Nuclear y Radioterapia.

Dentro de Radiodiagnóstico consideramos la optimización en: radiología general adultos y pediatría, mamografía, tomografía computada y procedimientos intervencionistas a través de la fluoroscopia.

En Medicina Nuclear estudiamos la protección del público y familiares de los pacientes, analizando los niveles de dosis con los cuales se puede otorgar el alta médica a un paciente que ha sido sometido a terapia con Iodo en Tiroides.

En Radioterapia se procura prevenir la ocurrencia de accidentes ya sea por medio de los estudios de las lecciones aprendidas de hechos acaecidos en el pasado (enfoque retrospectivo) y por medio del uso de análisis proba-

bilístico de seguridad utilizando matrices de riesgo, tal cual se hace a nivel de la seguridad de las centrales nucleares de potencia.

¿Los profesionales de la salud que trabajan con radiaciones deben tomar precauciones?

Si, por supuesto. Reitero que si bien no es tema específico de mi tarea en OIEA, estamos en permanente contacto con los colegas responsables del área ocupacional trabajando sobre los puntos de contacto que tenemos entre las dos áreas para beneficio de pacientes y trabajadores en su conjunto.

Aprovecho la pregunta para expresarle que concientes de que el intervencionismo es la práctica que usa Rayos X donde más radiación se entrega por el tipo de estudios que se hace, estamos en el marco de nuestras tareas, verificando la incidencia que esa radiación tiene sobre el cristalino de los profesionales que usan fluoroscopia en sus tareas cotidianas.

Hacia fin del año quizá tengamos los primeros resultados de esos estudios, pero le adelanto que es llamativo el número de opacidades en el cristalino que se han encontrado en profesionales intervencionistas, las cuales de no controlarse podrían ser precursoras de cataratas radio inducidas.

¿Cuál es la metodología con la que se trabaja en el proyecto? ¿Existe desde OIEA como organismo referente

a nivel mundial, en materia de seguridad radiológica, difusión sobre el tema de protección en las exposiciones médicas?

En primer lugar resumiré brevemente la metodología utilizada en el proyecto: toma de mediciones de dosis en los hospitales en las prácticas con Rayos X, como forma de obtener niveles de referencia u orientativos para cada país y compararlos con los estándares y recomendaciones internacionales, procurando optimizar los valores de dosis, llevándolos a los valores más bajos posibles y alcanzables.

Se realizan talleres para difundir y compartir los resultados y mejorar los métodos; se llevan a cabo cursos para físicos y para médicos a efectos de que tomen conocimiento de las estrategias de optimización y a su vez buscamos el efecto multiplicador a través de ellos en cada uno de los 19 países intervinientes en el proyecto desde México en el Norte hasta Argentina en el Sur.

En segundo lugar y como herramienta de difusión existe la webpage de nuestra unidad de protección del paciente donde se desarrolla in extenso toda esta temática, forma parte de la Web del OIEA y su dirección es: <http://rpop.iaea.org/>. Allí se incluyen también textos de referencia muy importantes y nuevos y paquetes de entrenamiento en estos temas, los cuales se pueden descargar gratuitamente. En el momento actual está en inglés, pero nos hemos propuesto traducirla al español a través del proyecto, al

menos las secciones interactivas de preguntas y respuestas e información básica general sobre radio protección médica. Hay paquetes de training que ya se están traduciendo y seguramente estarán listos para finales de año.

¿Cómo pueden los países de nuestra región, particularmente participar en las actividades que se desarrollan en este tema?

De hecho ya están participando 19 países de Latinoamérica. El Área Temática de Seguridad 3 se desarrolla en todo el mundo distribuida en 4 proyectos regionales por cada uno de los continentes: Europa, Asia, África y América Latina.

Cada uno de nuestros países posee un coordinador nacional de proyecto y luego hay especialistas o referentes por cada una de las especialidades que comentamos antes y que son la base de la ejecución del mismo.

De acuerdo a la filosofía y estrategia de OIEA en cuanto a sus proyectos de cooperación, son los países los que manifiestan interés en participar y nombran a sus coordinadores, quienes llevan a cabo en cada uno de ellos el plan de trabajo elaborado conjuntamente con el oficial técnico.

Los países desarrollan su plan nacional en todas o algunas de las especialidades según las capacidades locales disponibles, se les provee de equipos de última generación, se envían expertos a solicitud, se aprueban becas y visitas científicas y todos

participan de las actividades regionales comunes. La última se desarrolló en marzo de 2009 en Chile en el tema de *Prevención de accidentes en radioterapia*. La próxima será en Nicaragua para físicos sobre *Optimización en Tomografía Computada* y sobre fin de año tendremos otra sobre *Optimización y protección radiológica en procedimientos intervencionistas* también para físicos. A partir del próximo año las realizaremos para médicos.

En el marco de este panorama que nos ha detallado ¿cuál es la situación de Uruguay actualmente y como ha venido evolucionando en los últimos 6 o 7 años?

Uruguay es uno de los pocos países que ha comenzado a trabajar en este tema desde el desarrollo y aprobación del Plan de Acción para atender la Exposición Médica, puesto en marcha por OIEA en 2002, a partir de la conferencia de Málaga de 2001.

En 2004 y 2005 Uruguay participó con buenos resultados del denominado proyecto Arcal 75 sobre obtención de Niveles Orientativos en Radiología General y Mamografía. Las conclusiones de ese programa fueron presentadas para su publicación oficial por parte de OIEA como un documento técnico.

Desde el 2007 Uruguay está participando del primer proyecto regional. El físico Daniel Blanco, responsable del área de radiología general para todos los países del área está trabajando en el proyecto trienal 2009-2011, del cual formo parte.■

Bibliografía

1. Borraç C, Stovall J., Design Requirements for Megavoltage X Ray Machines for Cancer Treatment in Developing Countries, Report of an Advisory Group Consultation, Rep. LA- UR- 95-4528, Los Alamos Natl Lab, Los Alamos, NM (1993)
2. Accidental Overexposure of Radiotherapy Patients in Biclstock (2004)
3. Investigation of an Accidental Exposure of Radiotherapy Patients in Panama: Report of a Team of Experts, 26 May – 1 Jun 2001 (2001)
4. IAEA, Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams: An International Code of Practice, 2nd ed, Technical Reports Series N° 277; Viena ,1997.
5. IAEA: Setting up Radiotherapy Programme Clinical, Medical Physics, Radiation Protection and Safety Aspects. Viena, 2008.