

APLICACIÓN DE MATRICES DE RIESGO PARA EVALUAR LA SEGURIDAD DEL TRATAMIENTO CON TELETERAPIA

Juan José Vilaragut Llanes, Rubén Ferro Fernández, Mayra Troncoso Fleitas

Centro Nacional de Seguridad Nuclear (CNSN)
Calle 28 N° 504 e/ 5ta y 7ma Ave. Miramar, Playa, Ciudad de La Habana, Cuba

jjv@orasen.co.cu

Resumen

El método de matrices de riesgo es una metodología estandarizada que tiene amplia aplicación en la industria para priorizar el riesgo de una instalación a partir del análisis combinado de la probabilidad de ocurrencia de un evento indeseado y las consecuencias de sus efectos, sin embargo su uso no se ha extendido ampliamente a la evaluación de seguridad de las instalaciones radiactivas. En el presente trabajo se propone una adaptación de éstos métodos matriciales para evaluar la seguridad de los tratamientos con radioterapia y se presentan los resultados de una evaluación de su aplicación al tratamiento con cobalto 60.

APPLICATION OF RISK MATRIXES IN THE SAFETY ASSESSMENT OF THE TREATMENT WITH TELETERAPY

Abstract

The Risk Matrix method is a standardized procedure with a wide application in Industry with regard to risk approach to safety management by addressing events' frequency and consequence, however it is not customary used in the safety evaluation of radioactive facilities. This report introduces a modification to Risk Matrix methods for the evaluation of safety in the treatment with radiotherapy and, also presents the results of an evaluation for cobalt 60 treatment.

Key words: nuclear facilities, therapy, cobalt 60, gamma radiation, risk assessment, safety, radiation protection

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han publicado varios trabajos dirigidos a incentivar la aplicación de metodologías de análisis de riesgo en la evaluación de la seguridad de los tratamientos con radioterapia donde se proponen tanto el uso de métodos retrospectivos [1,2] como prospectivos [3-8]. Sin embargo, en muchos casos la realización de estos estudios tiene por inconveniente que requieren del conocimiento de complejas metodologías de evaluación y de personal muy especializado con un alto consumo de tiempo para su aplicación.

Las matrices de riesgo constituyen un método sencillo de categorización del riesgo a partir del análisis combinado de la probabilidad de ocurrencia del evento indeseado y las consecuencias de sus efectos. En su formato más simple las matrices se construyen en dos ejes, donde un eje representa el incremento de la severidad de las consecuencias y el otro eje el incremento de la probabilidad de ocurrencia, y se establece el grado de urgencia a partir de la intercepción de ambos ejes. Este método posibilita de una forma estructurada establecer

prioridades para gestionar el riesgo y priorizar las acciones correctivas y, aunque no permite cuantificar el riesgo con exactitud, en muchos casos sus resultados son suficientes para establecer prioridades sin necesitar la realización de un análisis cuantitativo de riesgos.

En el trabajo se propone una adaptación de los métodos matriciales para evaluar la seguridad de los tratamientos con radioterapia y se presentan los resultados de una evaluación de su aplicación al tratamiento con cobalto 60.

METODOLOGÍA

Las matrices de riesgo son relativamente sencillas de aplicar y se realizan a partir de la ecuación, donde f es la frecuencia del suceso iniciador, P es la probabilidad de fallo de las defensas previstas y C es la magnitud de las consecuencias.

$$R = f \times P \times C$$

Los valores de frecuencia del suceso iniciador se clasifican desde muy bajos hasta altos:

ÁMBITO REGULATORIO

- Frecuencia Alta (f_A): El evento ocurre frecuentemente.
- Frecuencia Media (f_M): El evento puede ocurrir ocasionalmente.
- Frecuencia Baja (f_B): Es poco usual o raro que ocurra el evento iniciador.
- Frecuencia Muy Baja (f_{MB}): Es muy raro que ocurra el evento iniciador (no se sabe qué ha ocurrido, pero se considera remotamente posible).

Similarmente, la probabilidad de fallo de las defensas previstas se clasifican de la siguiente forma:

- Probabilidad Alta (P_A): Es el resultado más probable y esperado si el evento iniciador tiene lugar (ninguna barrera de seguridad).
- Probabilidad Media (P_M): Pueden fallar las defensas si no están bien implementadas (una a dos barreras de seguridad).
- Probabilidad Baja (P_B): Tiene suficientes defensas, pero se podría dar el caso de que fallen simultáneamente (tres barreras de seguridad).

Probabilidad Muy Baja (P_{MB}): Secuencia accidental prácticamente imposible. Existe suficiente defensa en profundidad (más de cuatro barreras de seguridad).

En el caso de las consecuencias, éstas se clasifican desde muy altas hasta bajas según el siguiente criterio:

- Consecuencias Muy Altas (C_{MA}): Pueden ocurrir exposiciones del trabajador o del público; o exposiciones accidentales de un grupo de pacientes.
- Consecuencias Altas (C_A): Puede ocurrir la exposición accidental de un paciente durante gran parte de su tratamiento.
- Consecuencias Medias (C_M): Puede ocurrir una exposición accidental del paciente del tipo episódica, que se puede recuperar a lo largo del tratamiento.
- Consecuencias Bajas (C_B): No se producen efectos sobre las personas, pero se degrada la defensa.

El riesgo (R) se calcula combinando los diferentes valores de frecuencia del suceso iniciador (F), probabilidad de fallo de las defensas previstas (P) y severidad de las consecuencias (C), teniendo en cuenta los siguientes criterios:

Bajo*Bajo=Bajo;
 Bajo*Medio=Medio;
 Bajo*Alto=Medio;
 Medio*Medio=Medio;
 Medio*Alto=Alto;
 Alto*Alto=Alto, etc.

A partir de la clasificación anterior, se integra el riesgo según la matriz que se presenta a continuación.

f_A	P_A	C_{MA}	R_{MA}	f_A	P_A	C_A	R_{MA}	f_A	P_A	C_M	R_A	f_A	P_A	C_B	R_M
f_M	P_A	C_{MA}	R_{MA}	f_M	P_A	C_A	R_A	f_M	P_A	C_M	R_A	f_M	P_A	C_B	R_M
f_B	P_A	C_{MA}	R_A	f_B	P_A	C_A	R_A	f_B	P_A	C_M	R_M	f_B	P_A	C_B	R_M
f_{MB}	P_A	C_{MA}	R_A	f_{MB}	P_A	C_A	R_A	f_{MB}	P_A	C_M	R_M	f_{MB}	P_A	C_B	R_M
f_A	P_M	C_{MA}	R_{MA}	f_A	P_M	C_A	R_A	f_A	P_M	C_M	R_A	f_A	P_M	C_B	R_M
f_M	P_M	C_{MA}	R_A	f_M	P_M	C_A	R_A	f_M	P_M	C_M	R_M	f_M	P_M	C_B	R_M
f_B	P_M	C_{MA}	R_A	f_B	P_M	C_A	R_A	f_B	P_M	C_M	R_M	f_B	P_M	C_B	R_B
f_{MB}	P_M	C_{MA}	R_A	f_{MB}	P_M	C_A	R_M	f_{MB}	P_M	C_M	R_M	f_{MB}	P_M	C_B	R_B
f_A	P_B	C_{MA}	R_A	f_A	P_B	C_A	R_A	f_A	P_B	C_M	R_M	f_A	P_B	C_B	R_B
f_M	P_B	C_{MA}	R_A	f_M	P_B	C_A	R_A	f_M	P_B	C_M	R_M	f_M	P_B	C_B	R_B
f_B	P_B	C_{MA}	R_M	f_B	P_B	C_A	R_M	f_B	P_B	C_M	R_M	f_B	P_B	C_B	R_B
f_{MB}	P_B	C_{MA}	R_M	f_{MB}	P_B	C_A	R_M	f_{MB}	P_B	C_M	R_M	f_{MB}	P_B	C_B	R_B
f_A	P_{MB}	C_{MA}	R_A	f_A	P_{MB}	C_A	R_M	f_A	P_{MB}	C_M	R_M	f_A	P_{MB}	C_B	R_B
f_M	P_{MB}	C_{MA}	R_M	f_M	P_{MB}	C_A	R_M	f_M	P_{MB}	C_M	R_M	f_M	P_{MB}	C_B	R_B
f_B	P_{MB}	C_{MA}	R_M	f_B	P_{MB}	C_A	R_B	f_B	P_{MB}	C_M	R_B	f_B	P_{MB}	C_B	R_B
f_{MB}	P_{MB}	C_{MA}	R_M	f_{MB}	P_{MB}	C_A	R_B	f_{MB}	P_{MB}	C_M	R_B	f_{MB}	P_{MB}	C_B	R_B

Matriz de Riesgo.

De acuerdo con la magnitud del riesgo se deciden las acciones o medidas que se deben adoptar siguiendo el criterio ALARP (siglas en inglés de Tan Bajo Como Sea Razonablemente Factible) [9], como se ilustra en la tabla 1.

RESULTADOS

La metodología se aplicó para una instalación genérica de cobalto 60, siguiendo los siguientes criterios:

1.-Definición del listado de sucesos iniciadores

El listado de sucesos iniciadores de accidentes se puede definir tanto de las lecciones aprendidas de accidentes, como de la propia experiencia o de estudios de riesgos que se hayan realizado previamente. Para este trabajo, los sucesos iniciadores se tomaron del APS realizado al proceso de tratamiento con cobalto 60 [7].

2.-Clasificación de la frecuencia del suceso iniciador y de la consecuencia potencial que éste puede provocar.

Para cada uno de los sucesos iniciadores seleccionados y utilizando el juicio de expertos se determinó la frecuencia esperada de ocurrencia y la consecuencia potencial que éste podría provocar suponiendo que no existieran barreras de seguridad.

3.- Definición de las barreras de seguridad existentes para hacer frente al suceso iniciador de accidentes

Para cada uno de los sucesos iniciadores seleccionados se definen las barreras de seguridad previstas en el diseño de la instalación o los programas de garantía de la calidad, considerando, entre otras, las siguientes barreras:

- Enclavamientos de seguridad (enclavamiento de la puerta de la sala de tratamiento, interruptor por baja presión de aire, interruptores de parada por emergencia, barra

T, dosímetro estacionario, indicación visual de irradiación, etc.)

- De procedimientos de garantía de la calidad (dosimetría en vivo, placas portales, controles de calidad de la puesta en servicio, controles de calidad dosimétricos, redundancia de la planificación física, etc.)
- De tratamiento (simulación del tratamiento, seguimiento del paciente, dispositivos de inmovilización, etc.)

4.- Clasificación de la probabilidad de fallo de las barreras de seguridad

A partir del juicio de expertos se clasifica la probabilidad de fallo de las barreras de seguridad teniendo en cuenta el número de barreras y la independencia entre ellas.

5.- Estimación del riesgo

Utilizando la matriz de riesgos se estima el riesgo para cada uno de los sucesos iniciadores de accidentes (tabla 2).

DISCUSIÓN

En la instalación de referencia utilizada para evaluar la aplicación del método, con las barreras implementadas, ninguno de los sucesos iniciadores clasifica como riesgo muy alto. Sin embargo el 43% de los iniciadores aún clasifica como riesgo alto por lo que hay que evaluar la posibilidad de estandarizar otras barreras que permitan su disminución al menos hasta riesgo medio. En el caso de los iniciadores que tienen riesgo medio, en correspondencia con el criterio ALARP, su disminución está en dependencia de criterios de costo/beneficio.

Teniendo en cuenta que no es posible disminuir las consecuencias potenciales de cada suceso iniciador, la disminución del riesgo depende de los otros dos factores, es decir, de la frecuencia de ocurrencia del suceso iniciador y la probabilidad de disminución de la secuencias accidental. Del análisis de la matriz de riesgo, se deduce que en correspondencia con la severidad de las consecuencias, al menos se puede alcanzar un riesgo medio para las siguientes condiciones:

Tabla 1. Acciones correctivas en correspondencia con la magnitud del riesgo

Magnitud del Riesgo	Tolerabilidad del Riesgo	Tipo de Acción
$R_{MA}; R_A$	Inaceptable	Se debe reducir el riesgo o prohibir el trabajo en esas condiciones
R_M	Tolerable según análisis costo/beneficio	Se deben introducir las mejoras o medidas que reduzcan el riesgo más bajo posible considerando criterios de costo/beneficio.
R_B	Aceptable	No se requerirán acciones o medidas adicionales de seguridad.

Tabla 2. Resultados globales de la aplicación de la matriz de riesgo

Tipo de riesgo	Cantidad de sucesos iniciadores
Riesgo bajo	Ningún suceso iniciador
Riesgo medio	27 sucesos iniciadores
Riesgo alto	19 sucesos iniciadores
Riesgo muy alto	Ningún suceso iniciador

- Para sucesos iniciadores con consecuencias muy altas:
 - a) Si la frecuencia del iniciador es media, la probabilidad de la secuencia accidental debe ser muy baja.
 - b) Si la frecuencia del iniciador es baja, la probabilidad de la secuencia accidental debe ser baja.
- Para sucesos iniciadores con consecuencias altas:
 - a) Si la frecuencia del iniciador es alta, la probabilidad de la secuencia accidental debe ser muy baja.
 - b) Si la frecuencia del iniciador es baja, la probabilidad de la secuencia accidental debe ser baja.
 - c) Si la frecuencia del iniciador es muy baja, la probabilidad de la secuencia accidental debe ser media.
- Para sucesos iniciadores con consecuencias medias:
 - a) Si la frecuencia del iniciador es alta, la probabilidad de la secuencia accidental debe ser baja.
 - b) Si la frecuencia del iniciador es media, la probabilidad de la secuencia accidental debe ser media.
 - c) Si la frecuencia del iniciador es baja, la probabilidad de la secuencia accidental puede ser alta.

Los métodos fundamentales para disminuir la frecuencia de los sucesos iniciadores están asociados al cumplimiento de las políticas de mantenimiento en el caso de los equipos y a la disminución de la probabilidad de errores humanos (selección y calificación del personal, disminución de la sobrecarga asistencial, mejoramiento del ambiente de trabajo que evite las malas prácticas. Asociados a la disminución de la frecuencia del suceso iniciador también se deben establecer medidas para el aumento de la seguridad organizacional como la implementación de sistemas de gestión de la seguridad y el incremento de la cultura de seguridad.

Para disminuir la probabilidad de fallo de las barras de seguridad, se deben incluir otras

barreras ya estandarizadas como la dosimetría en vivo e imágenes portales y garantizar la efectiva implementación de los sistemas de garantía de calidad del proceso de tratamiento.

CONCLUSIONES

El método de Matrices de Riesgo permite identificar información relevante sobre la seguridad del proceso de tratamiento con radioterapia sin tener que aplicar complejas metodologías de cálculos que requieren de personal muy especializado.

Utilizando esta metodología se puede obtener el perfil de riesgo de la instalación evaluada y priorizar medidas de seguridad a partir de criterios de riesgo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ORTIZ, P., Lessons learned form accidental exposures in radiotherapy, IAEA Safety Reports Series No. 17, 2000.
- [2] IAEA, Investigation of an accidental exposure of radiotherapy in Panama, STI/PUB/1114, 2001.
- [3] ICRP Publication 76, Protection from Potential Exposures Application to Selected Radiation Sources, 1996.
- [4] VILARAGUT, J., FERRO, R., Metodología para la aplicación de las Técnicas de Análisis Probabilista de Seguridad (APS) a las unidades de cobaltoterapia en Cuba. IAEA C&S Papers Series 7/P. 2001.
- [5] NUREG/CR -6323, Relative Risk Analysis in Regulating the Use of Radiation - Emitting Medical Devices. A preliminary Application, UCRL-ID-120051, 1995.
- [6] NUREG/CP -0144, A Workshop on Developing Risk Assessment Methods for Medical Use of Radioactive Material, INEL-94/0111, 1995.
- [7] VILARAGUT, J., FERRO, R., Sucesos Inciadores de Accidentes en la práctica de cobaltoterapia. Revista Nucleus No. 32, 2002, Cuba.
- [8] VILARAGUT, J., FERRO, R., Aplicación del Análisis Probabilista de Seguridad al proceso de tratamiento con cobaltoterapia Revista Nucleus No. 36, 2004, Cuba
- [9] Health and Safety Executive (HSE) Principles and guidelines to assist HSE in its judgements that duty-holders have reduced risk as low as reasonably practicable, May 2003.

Recibido: 17 de marzo de 2006

Aceptado: 26 de abril de 2006