

Análisis causal integrado en la radiosinoviortesis y el tratamiento mielosupresor de la policitemia vera

Integrated causal analysis in radiosynoviorthesis and the myelosuppressor
treatment of polycythemia vera

Zayda Amador Balbona^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-4591-2711>

Antonio Torres Valle² <https://orcid.org/0000-0003-3352-1665>

Teresa Alejandra Fundora Sarraff³ <http://orcid.org/0000-0002-0861-1872>

¹Centro de Isótopos. Mayabeque, Cuba.

²Universidad de La Habana. Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. La Habana, Cuba.

³Instituto de Hematología e Inmunología. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: zabalbona@centis.edu.cu

RESUMEN

Introducción: Con la matriz de riesgo se identifican las medidas de control relevantes. El análisis de modos y efectos de fallo posterga definir la efectividad de las medidas correctivas. El uso de uno solo de estos métodos limita el alcance al evaluar los riesgos y la toma de decisiones.

Objetivos: Determinar la contribución individual de las causas básicas de fallo en el riesgo radiológico de la radiosinoviortesis y el tratamiento mielosupresor de la policitemia vera, a partir del modelo de la matriz y los reportes.

Métodos: Se adaptó el análisis de la gestión de la calidad en radioterapia a las prácticas en estudio y la selección individual de las causas básicas más contribuyentes al riesgo radiológico. La base internacional de incidentes aportó las causas que completaron el listado de las derivadas de la aplicación del principio de Pareto.

Resultados: Los subprocesos más contribuyentes al riesgo fueron, por orden de importancia, la administración del radiofármaco, su preparación y la prescripción

clínica. Para estos se identificaron las etapas, modos de fallo y sus causas más importantes. Existieron causas que contribuyeron a varios modos de fallo. El incumplimiento de procedimientos, protocolos o prácticas, la falta de entrenamiento del personal y la fatiga del personal son las causas de los riesgos identificados.

Conclusiones: Se caracterizó la efectividad de las medidas correctivas de las causas más contribuyentes, las que se adicionan a las derivadas de la matriz, en el plan de mejora en la radiosinoviortesis y el tratamiento mielosupresor de la policitemia vera en Cuba.

Palabras clave: análisis de modos y efectos de fallo; causas básicas; radiosinoviortesis; policitemia vera.

ABSTRACT

Introduction: The risk matrix identifies the relevant control measures. Failure modes and effects analysis postpones defining the effectiveness of corrective measures. Using just one of these methods limits the scope when assessing risks and making decisions.

Objectives: To determine the individual contribution of the basic causes of failure in the radiological risk of radiosynoviorthesis and the myelosuppressor treatment of polycythemia vera, based on the matrix model and the reports.

Methods: The analysis of quality management in radiotherapy was adapted to the practices under study and the individual selection of the basic causes most contributing to radiological risk. The international incident base provided the causes that completed the list of those derived from the application of the Pareto principle.

Results: The sub-processes that contributed the most to risk were, in order of importance, the administration of the radiopharmaceutical, its preparation and the clinical prescription. For these, the most important, stages, failure modes and their causes were identified. There were causes that contributed to various failure modes. Non-compliance with procedures, protocols or practices, lack of staff training and staff fatigue are the causes of the identified risks.

Conclusions: The effectiveness of the corrective measures of the most contributing causes, which are added to those derived from the matrix, was characterized in the

improvement plan in radiosynoviorthesis and myelosuppressor treatment of polycythemia vera in Cuba.

Keywords: failure mode and effects analysis (FMEA); root causes; radiosynoviorthesis, polycythemia vera.

Recibido: 14/01/2021

Aceptado: 22/04/2021

Introducción

Se identifica en el Centro de Isótopos (CENTIS), instalación radiactiva proveedora de los radiofármacos en Cuba, la necesidad de continuar trabajando en reactivar la fabricación de suspensiones radiactivas para radiosinoviortesis (RSV), ya sea basadas en ^{32}P , ^{90}Y o a partir de radionúclidos importados.⁽¹⁾ Por otra parte, aún se reporta recientemente el uso del ^{32}P en el tratamiento mielosupresor de la policitemia vera (PV).⁽²⁾

La evaluación del riesgo de las operaciones con materiales radiactivos debe considerar no solamente las medidas que permitan detectar, controlar y prevenir los sucesos radiológicos que se pueden presentar, así como reducir sus consecuencias. Este análisis es inconcluso si no se determinan las causas básicas que provocan su ocurrencia. Por esto, es necesario profundizar en el estudio del riesgo de la RSV y el tratamiento de la PV.

En el año 2019, se realizó la evaluación de la seguridad de las prácticas de medicina nuclear convencional de RSV en la artropatía hemofílica y el tratamiento de la PV con ^{32}P , mediante la aplicación de un enfoque integral para optimizar la toma de decisiones en la mejora de estas prácticas, mediante la cooperación científico-técnica entre el CENTIS y el Instituto de Hematología e Inmunología (IHI).⁽³⁾ Sin embargo, solamente se determinaron las defensas o medidas (barreras, reductores de frecuencia y reductores de consecuencias) más importantes y la contribución del error

humano en el riesgo. No se analizaron las causas de los sucesos iniciadores postulados, ya que se utilizó el método de la matriz de riesgo, que no las incluye.

En el análisis de los modos y efectos de fallo (FMEA por sus siglas en inglés) se desconoce la efectividad de las medidas correctivas para las causas básicas, pues hay que esperar a evaluar su ejecución.

Para la mejora de la calidad de la radioterapia no existe un análisis de la contribución individual de las causas básicas de fallo y en varios casos, se definen erróneamente.⁽⁴⁾ No se realiza un análisis causal en la sinergia del método prospectivo del FMEA y del reactivo de aprendizaje de incidentes (ILS por sus siglas en inglés) en las prácticas médicas con radiaciones ionizantes.⁽⁵⁾

El objetivo de esta investigación fue determinar la contribución individual de las causas básicas de fallo en el riesgo radiológico de la RSV y el tratamiento mielosupresor de la PV, a partir del modelo de la matriz y los reportes de sucesos.

Métodos

El modelo de la matriz de riesgo adaptado a la RSV y el tratamiento mielosupresor de la PV, se convirtió en FMEA, con el establecimiento de la equivalencia entre las variables de estos métodos prospectivos y el empleo del código cubano SECURE-MR-FMEA versión 3.0 para toda la investigación.^(3,6,7)

La selección de los subprocesos, etapas, modos de fallos (MF) y causas básicas más contribuyentes se realizó a partir del número de prioridad del riesgo (NPR) y los índices de severidad (ISev) y de calidad (IQ), pero con su adaptación a las prácticas en estudio y su aplicación no solo a los pacientes, sino también a los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOEs) y público y el empleo del principio de Pareto.⁽⁸⁾ El número de prioridad del riesgo se calculó como el producto de las variables ocurrencia (O), severidad (S) y no detectabilidad (D). El índice de severidad del subproceso i (IS_{sp})_{*i*} y el índice de calidad de este (IQ_{*i*}) se hallaron según las ecuaciones (1-2).⁽⁹⁾

Ecuación N° 1

$$(ISsp)_i = \sum_G^4 NgxPg$$

Ecuación N°2

$$IQ_i = (ISsp)_i \times N(NPR \geq 100)_i$$

Donde:

Ng: Cantidad de MF que pertenecen al grupo G (grupo con severidad del MF de igual factor de peso) en el proceso i.

Pg: Factor de peso que se determinó con la adaptación, a la medicina nuclear terapéutica y la inclusión de TOEs y público, del utilizado en radioterapia.⁽⁹⁾

N(NPR ≥ 100)_i: Cantidad de MF en el subproceso i con NPR ≥ 100,

Se definió previamente un listado estandarizado de causas con 24 áreas de influencia, que fue utilizado por los autores de la investigación, para sustituir cada defensa del modelo de matriz de riesgo (barrera, reductor de frecuencia y reductor de consecuencia) por la causa correspondiente seleccionada.⁽¹⁰⁾

Se siguió la aproximación conservadora de asignar los mismos valores de O, S, D y NPR de la fila original a todas las causas desplegadas en la nueva tabla del FMEA.

Se creó el diagrama de Ishikawa y los árboles de fallo del proceso.

Se utilizó un código de colores para señalar los subprocesos con los MF más importantes. Con el rojo, se indicaron aquellos MF que se localizan en el grupo del 20 % más importante. Este 20 % se calculó ordenando primero los MF por su NPR y después encontrando la suma parcial de los más importantes hasta que estos acumulan el 20 % del NPR total (suma de todas las NPR del estudio). En segundo lugar, en color azul, se ubicaron los MF con NPR ≥ 100 y severidad Sev ≥ 7. En tercer lugar, en color verde,

estuvieron los MF con $NPR \geq 100$ y su $Sev < 7$. Finalmente, en color amarillo, se encontraron los MF cuya $Sev \geq 7$, pero su $NPR < 100$.

Se creó una base internacional de incidentes para la medicina nuclear terapéutica convencional con la inclusión de eventos específicos de la RSV y el tratamiento mielosupresor de la PV.^(11,12,13,14,15,16,17)

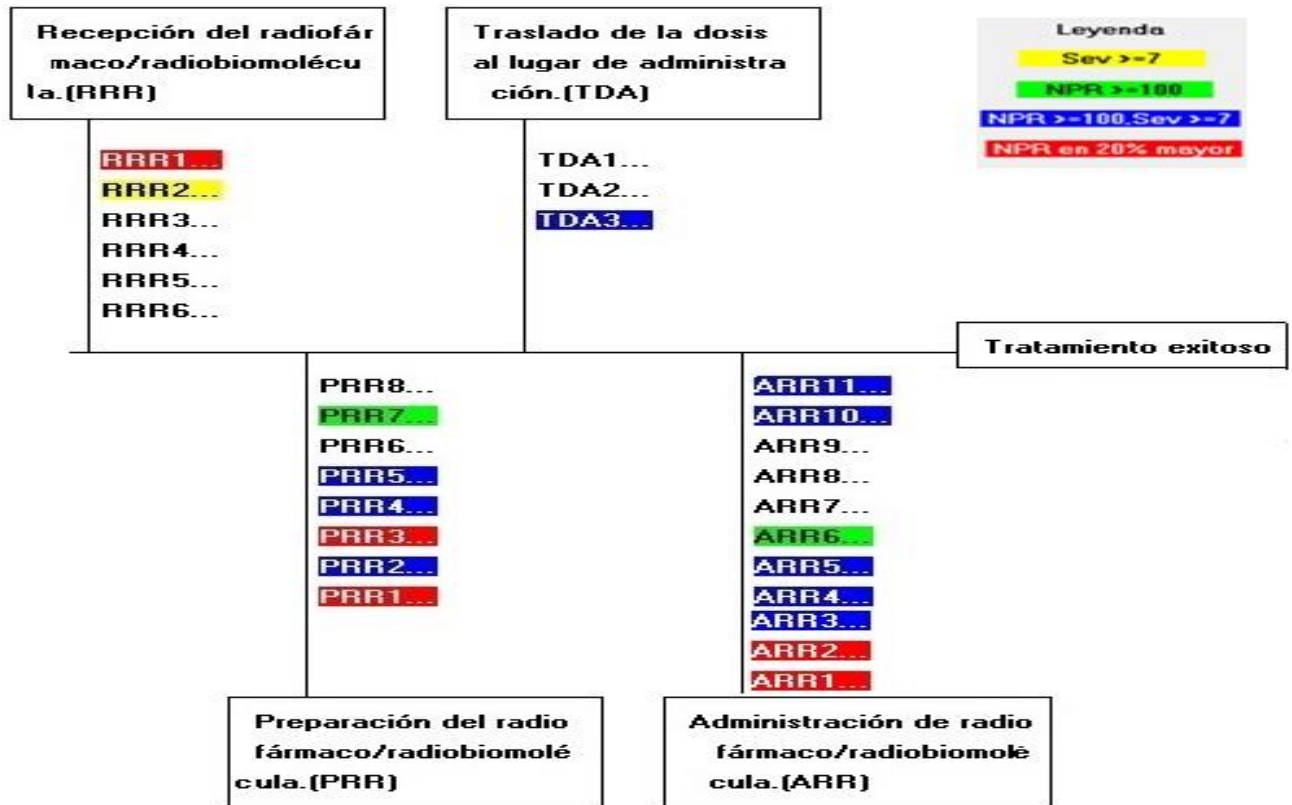
Se completó la relación de las causas más importantes con las provenientes del análisis de los sucesos registrados (sinergia FMEA-ILS), identificadas previamente por el grupo de expertos que realizaron la investigación. Debido a los escasos registros de estas dos prácticas, también se consideraron los otros eventos aplicables dentro de la terapia convencional con radionúclidos, por ejemplo, casos de sobredosis y subdosis a pacientes, paciente equivocado, paciente embarazada, etc.⁽¹⁸⁾

Se determinó la influencia en los subprocesos, etapas y MF de la eliminación de las causas, como parte del análisis de sensibilidad.

Para considerar el efecto del reforzamiento de una causa en el aumento de la severidad en las etapas y MF correspondientes a esta, se aumentó S en una unidad, respecto a su valor original, mientras que el NPR correspondiente creció en un 10 % respecto al NPR inicial.

Resultados

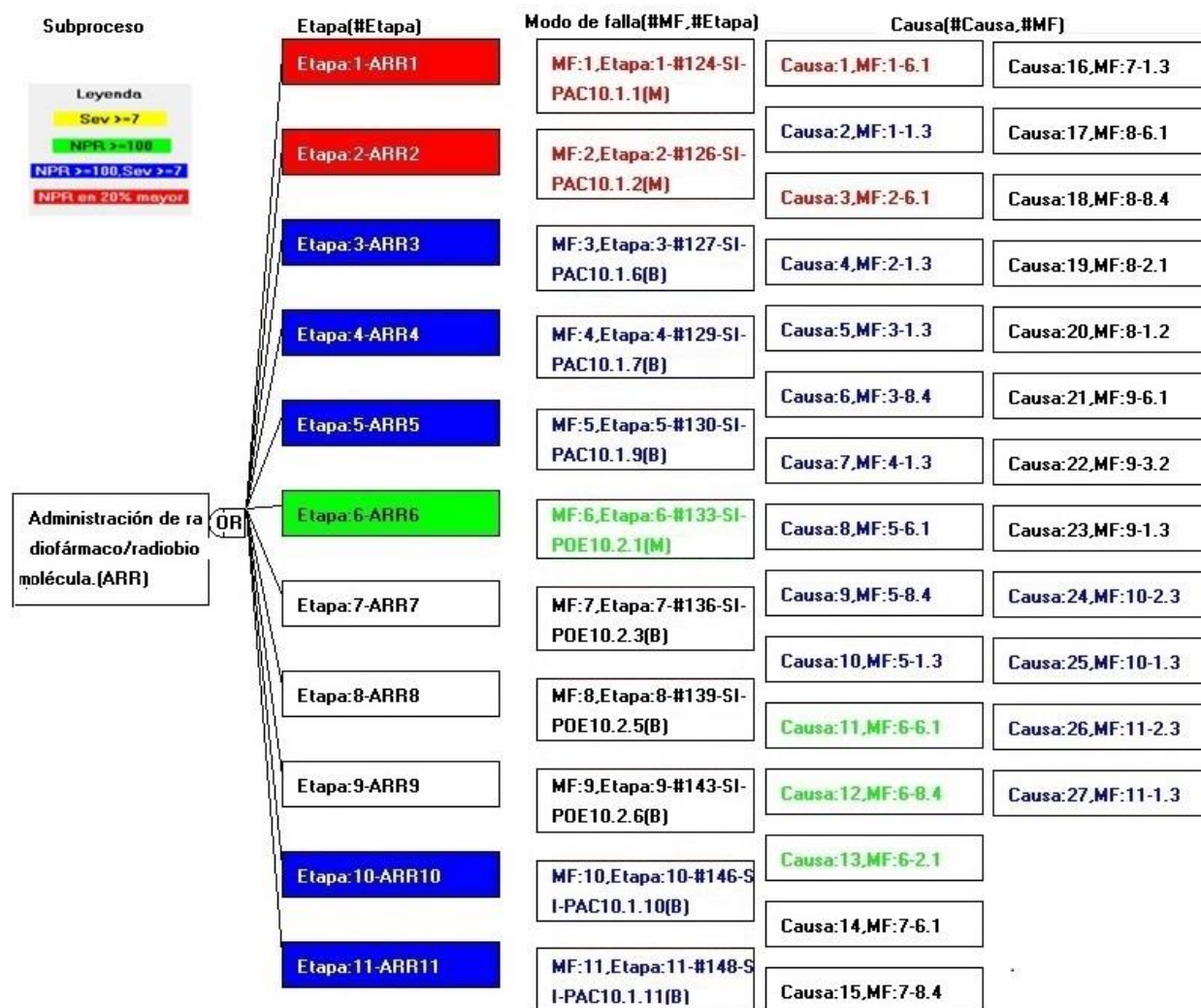
Como se puede observar en la Fig. 1, los subprocesos y etapas que presentaron MF pertenecientes a los cuatro niveles de selección del código de colores adoptado. Se destacan por orden de mayor contribución al riesgo, la administración del radiofármaco y su preparación, confirmándose por el diagrama de Ishikawa los resultados obtenidos en el estudio con matriz de riesgo.



Fuente: Tomado y modificado de código SECURE-MR-FMEA versión 3.0. Elaboración propia del modelo.

Fig. 1 - Sección del diagrama de Ishikawa del proceso de radiosinoviortesis y tratamiento mielosupresor de la policitemia vera

El árbol de fallo del subproceso más contribuyente (administración del radiofármaco) se presenta en la Fig. 2. Este subproceso aporta 11 etapas y 11 MF, de los cuales cinco presentan valores de sus NPR ≥ 100 y Sev ≥ 7 . Nótese que las dos primeras etapas y sus correspondientes MF poseen los NPR dentro del 20 % de la suma total de los NPR mayores. Estos MF son los de subdosis y sobredosis al paciente y ambos se deben a las mismas causas, la 6.1- desarrollo de habilidades y conocimientos- falta de entrenamiento u orientación (carencia o inadecuado) y la 1.3- incumplimiento de prácticas, protocolos, procedimientos o normas. La causa 8.4- fatiga del personal, incide en los MF 3 y 5.

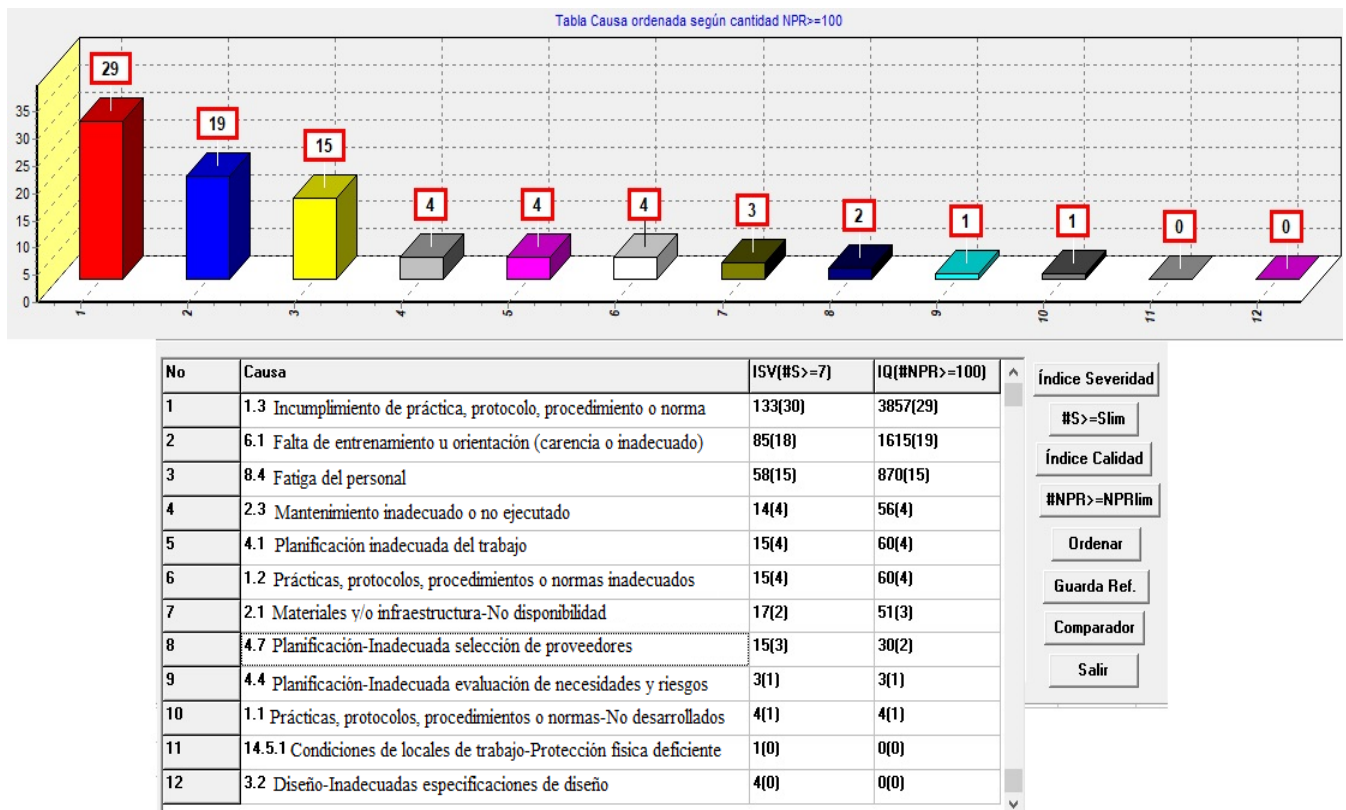


Fuente: Tomado y modificado de código SECURE-MR-FMEA versión 3.0. Elaboración propia del modelo.

Fig. 2 - Árbol de fallo del subproceso de administración del radiofármaco.

Para las prácticas en estudio, se identificaron 12 causas básicas de fallo que se relacionan por orden de importancia en la Fig. 3. El código numérico de cada causa responde a un listado estandarizado que se toma como referencia. (10) Las causas relacionadas son: 1.3-incumplimiento de Prácticas, protocolos, procedimientos o normas, 6.1- falta de entrenamiento u orientación (carencia o inadecuado), 8.4- fatiga del personal, 2.3- -mantenimiento inadecuado o no ejecutado, 4.1- planificación inadecuada del trabajo, 1.2- prácticas, protocolos, procedimientos o normas inadecuados, 2.1- materiales y/o infraestructura-no disponibilidad, 4.7- planificación-inadecuada selección de proveedores, 4.4- planificación-inadecuada evaluación de necesidades y riesgos, 1.1- prácticas, protocolos, procedimientos o normas-no desarrollados (carencia), 14.5.1- condiciones de locales de trabajo-Protección física

deficiente y 3.2- diseño-Inadecuadas especificaciones de diseño. Se destacan las citadas con anterioridad, pero con el orden siguiente: 1.3, 6.1 y 8.4.



Fuente: Tomado y modificado de código SECURE-MR-FMEA versión 3.0. Elaboración propia del modelo.

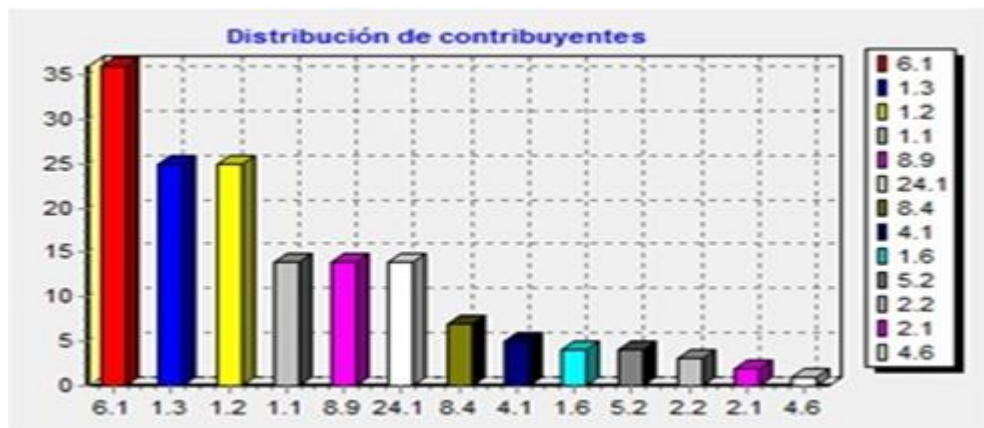
Fig. 3 - Histograma de las causas más contribuyentes al riesgo, según número de prioridad del riesgo igual o mayor a 100.

En la Fig. 4, se pueden apreciar las causas registradas en la base internacional de incidentes, en la que aparecen por orden de participación en los sucesos registrados, la 6.1, 1.3 y 1.2, prácticas, protocolos, procedimientos o normas-inadecuados.

En el análisis de sensibilidad, se obtuvo, al eliminar estas causas, una sensible disminución de los valores del ISev en los 13 subprocessos e incluso su anulación en dos de estos. Este comportamiento puede verse en la Fig. 5, donde el nuevo estado se representa en color verde.

Al reforzar las causas no se obtuvo un cambio en ISev e IQ debido a que el incremento de la Sev y del NPR es pequeño y a diferencia de otras prácticas como la radioterapia,

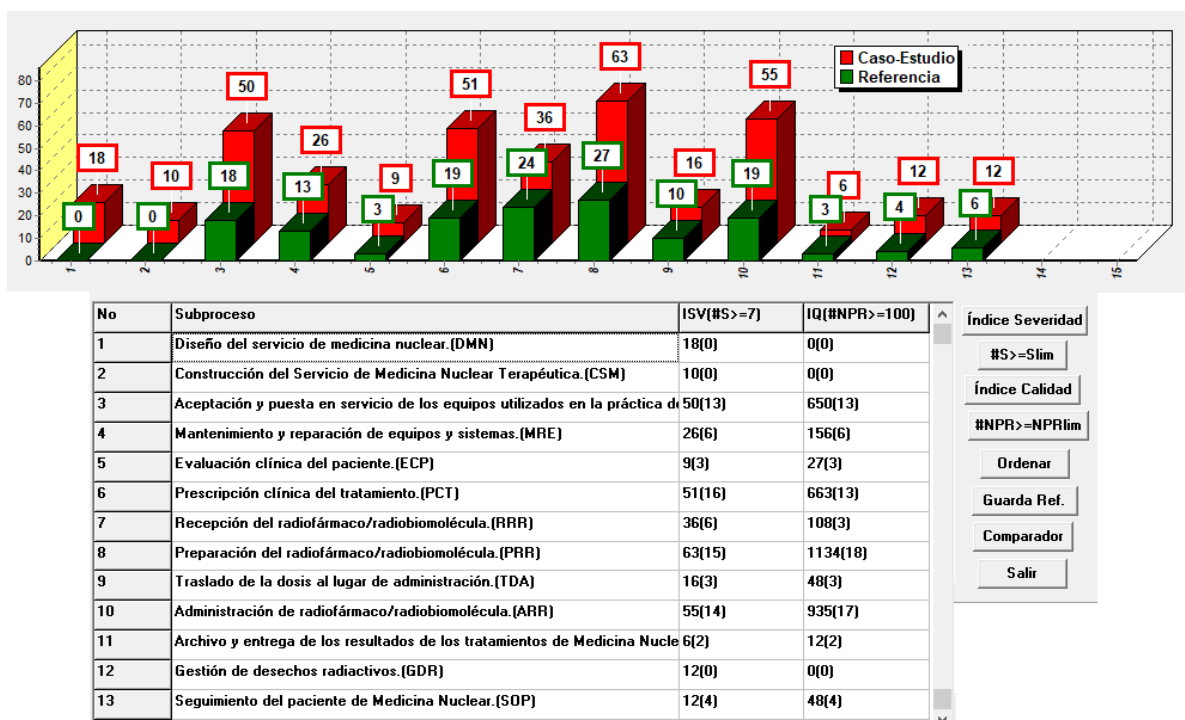
la RSV y el tratamiento a la PV no presentan valores de estos últimos predominantemente elevados.



Leyenda:

- 6.1 Desarrollo de habilidades y conocimientos-Falta de entrenamiento u orientación (carencia o inadecuado).
- 1.3 Prácticas, protocolos, procedimientos o normas-Incumplidos.
- 1.2 Prácticas, protocolos, procedimientos o normas-Inadecuados.

Fig. 4 - Histograma de las causas más importantes identificadas de las registradas para la terapia con radionucleidos en la base internacional de incidentes.



Fuente: Tomado y modificado de código SECURE-MR-FMEA versión 3.0. Elaboración propia del modelo.

Fig. 5 - Histograma comparativo del índice de severidad para los subprocesos antes (color rojo) y después (color verde) de eliminar las causas 1.3, 6.1 y 8.4.

Discusión

La evaluación de las causas básicas de fallo permite eliminar la desventaja del FMEA en el análisis del riesgo radiológico y la mejora de la calidad del servicio de medicina nuclear.

La coincidencia de una misma causa en más de un MF relevante para el riesgo en los subprocesos de mayor contribución, permitirá resolver todos los errores humanos o los fallos de equipos con las mismas medidas correctivas que se establezcan para su eliminación.

La importancia del subproceso, etapa, MF y causa señalados, imparten efectividad a dichas medidas, por lo que no se posterga este análisis a la evaluación posterior de los resultados, después de su implementación. Este resultado destaca el aporte de esta investigación en contraposición con los obtenidos en la radioterapia.^(4,9)

Las acciones correctivas dirigidas a erradicar las causas básicas más contribuyentes, identificadas del FMEA y las provenientes de la sinergia de este método con ILS, deberán sumarse a las medidas identificadas en el análisis con la matriz de riesgo en el plan de mejora de la calidad y seguridad de la RSV y el tratamiento de la PV.⁽³⁾

La relación establecida entre FMEA e ILS adicionó la causa 1.2, prácticas, protocolos, procedimientos o normas-inadecuados, que pudiera deberse a la no actualización de la documentación del servicio, aspecto clave en la mejora de la seguridad y la calidad. Igualmente, esta sinergia confirma la importancia de las causas 6.1 y 1.3, por lo que, sin lugar a dudas, su solución será útil en el control del riesgo radiológico.

Mantener actualizado el ILS requiere del desarrollo de la cultura de seguridad en el servicio de medicina nuclear, de manera que sea normal y usual el reporte de incidentes, sucesos adversos y sucesos potenciales. Estos sistemas deberán utilizarse para evitar la reincidencia de los mismos y como herramienta para la capacitación anual de los TOEs.^(19,20,21)

En este estudio la sinergia FMEA-ILS aportó 13 causas básicas, lo que se considera deficiente, debido a la falta de reportes y de su análisis o por no disponer de incidencias significativas como en el tratamiento mielosupresor de la PV en Cuba. ⁽²²⁾ Esto condujo a que se consultaran ILS de otros países. ^(23,24)

Se recomienda continuar trabajando por una cultura no punitiva al personal del servicio y la ejecución de acciones dirigidas al desarrollo de la cultura de seguridad en la organización. ⁽²⁵⁾

En este sentido, recomendaciones como las aportadas por experiencias en la RSV, son útiles para la optimización de la exposición de pacientes, trabajadores y público. ^(26,27) Igualmente, resulta de vital importancia consultar los aspectos de seguridad radiológica que sugiere el Organismo Internacional de Energía Atómica, de acuerdo a la experiencia internacional. ⁽²⁸⁾

Una limitación de la presente investigación es la ausencia de un grupo evaluador multidisciplinario más amplio, pues además de contar con especialistas de la autoridad reguladora nuclear y de la seguridad radiológica del IHI, hubiera sido recomendable crear un grupo de trabajo en el servicio de medicina nuclear de esta institución. En ello incidieron la prolongación de la interrupción de las prácticas estudiadas y su no reinicio por la construcción de nuevas facilidades estructurales.

La metodología que se desarrolla y aplica puede ser generalizada y ejecutada para el resto de las prácticas médicas con radiaciones ionizantes.

La determinación de la contribución individual al riesgo radiológico de las causas básicas de fallo y su relación con las de los sucesos radiológicos registrados (análisis causal integrado) en la RSV y el tratamiento mielosupresor de la PV, permite eliminar la desventaja del FMEA en cuanto a la efectividad de las medidas correctivas que se adoptan, por lo que la toma de decisiones se favorece para la solución de los problemas de seguridad radiológica y de calidad que se pueden presentar y se optimizan los recursos al identificarse los MF, etapas y causas más importantes para el riesgo.

Referencias bibliográficas

1. Cruz Arencibia J, Leyva Montaña R, Morín Zorrilla J. 25 años de CENTIS. Pandemia y Radiofármacos. Nucleus [Internet] 2020 [acceso 10/01/2021];67:14-21. Disponible en: <http://nucleus.cubaenergia.cu/index.php/nucleus/article/view/698>.
2. Administration of Radioactive Substances Advisory Committee, Chemical and Environmental Hazards, Public Health England. Notes for guidance on the clinical administration of radiopharmaceuticals and use of sealed radioactive sources. In: (ARSAC), editor. Chilton, Didcot, (Oxon) 2020. p. 1-63.
3. Amador Balbona Z, Torres Valle A, Fundora Sarraff T. Evaluación del riesgo radiológico en la radiosinoviortesis y el tratamiento mielosupresor de la policitemia vera. Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia [Internet] 2019. [acceso 31/07/2019]; 35(2):a_966 Disponible en: <http://www.revhematologia.sld.cu/index.php/hih/article/view/966>.
4. Saiful Huq M, Fraass B, Dunscombe P, Gibbons J, Ibbott G, Mundt A, et al. The report of Task Group 100 of the AAPM: Application of risk analysis methods to radiation therapy quality management. Med Phys. 2016;43(7):4209-62. DOI: <https://dx.doi.org/10.1118/1.4947547>.
5. Kessels-Habraken M, Van Der Schaaf T, De Jonge J, Rutte C, Kerkvliet K. Integration of prospective and retrospective methods for risk analysis in hospitals. International Journal for Quality in Health Care. 2009;21(6):427-32. DOI: <https://10.1093/intqhc/mzp043>
6. Amador Balbona Z, Torres Valle A. Conversión de matriz de riesgo a análisis de modos y efectos de fallos. Revista Cubana de Salud y Trabajo [Internet] 2019 [acceso 03/11/2019];20(2):3-10. Disponible en: <http://www.revsaludtrabajo.sld.cu/index.php/revsyt/article/view/84>.
7. Torres Valle A. Manual de Usuario SECURE-MR-FMEA 3.0, Programa de análisis de riesgo basado en matriz de riesgo y FMEA. La Habana, 2017.
8. Gutiérrez Pulido H. Calidad total y productividad. México. 3era Edición ed: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.; 2010.
9. Da Silva Teixeira F, de Almeida C, Saiful Huq M. Failure mode and effect analysis based risk profile assessment for stereotactic radiosurgery programs at three cancer centers in Brazil. Medical Physics. 2016;43(1):171-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1118/1.4938065>.

10. Amador Balbona Z, Torres Valle A. Causas básicas de fallos aplicadas al análisis de riesgo en práctica médicas con radiaciones ionizantes. Revista Cubana de Salud y Trabajo [Internet] 2019 [acceso 03/11/2019];20(2):11-8. Disponible en: <http://www.revsaludtrabajo.sld.cu/index.php/revsyt/article/view/99>.
11. Marcin Chojnowski M, Płazińska M, Sławomir Chojnowski M, Królicki L. Beta burns following radionuclide synovectomy. Reumatologia. 2018;56(3):184-9. DOI: <https://doi.org/10.5114/reum.2018.76905>.
12. Öztürk H, Öztemür Z, Bulut O. Treatment of skin necrosis after radiation synovectomy with yttrium-90: a case report. Rheumatol Int. 2008;28:1067-8. DOI: <https://10.1007/s00296-008-0571-2>
13. Kampen W, Matis E, Czech N, Soti Z, Gratz S, Henze E. Serious complications after radiosynoviorthesis. Survey on frequency and treatment modalities. Nuklearmedizin. 2006;6:262-8.
14. García Colmenero L, Martín-Ezquerro G, Monfort J, Pujol R. Persistent cutaneous ulcers after Yttrium-90 synovectomy, an unusual complication: two case reports and a review of the literature. Int Wound J. 2016; 14(3):508-11. DOI: <https://10.1111/iwj.12636>
15. Minsky B, Siddon R, Recht A. Dosimetry of aqueous ³²P after soft-tissue infiltration following attempted intravenous administration Health Physics. 1987; 52(1):87-9.
16. Gmür J, Bischof B, Coninx S, Bucher U, Poretti G, Henrichs K, et al. Spontaneous hematologic recovery from bone marrow aplasia after accidental tenfold overdose with radiophosphorous. Blood. 1983; 61(4):746-50.
17. Holy D, Caduff B, Kistler H. Long-term follow-up of a patient with accidental phosphor 32 overdose. Schweiz Med Wochenschr. 1994; 124(42):1848-51.
18. Amador Balbona Z, Torres Valle A, Arias Fresneda M. Acoplamiento de métodos prospectivos y reactivos para análisis de riesgo en medicina con radiaciones ionizantes. Nucleus [Internet] 2020 [acceso 10/01/2021];67:33-8. Disponible en: <http://nucleus.cubaenergia.cu/index.php/nucleus/article/view/701>.
19. Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores en Seguridad Nuclear, Radiológica y Física. Cultura de Seguridad en las organizaciones, instalaciones y actividades con fuentes de radiación ionizante. 2015.

20. Ferro Fernández R, Cruz Suárez R. Sondeo Regional sobre Cultura de Seguridad en América Latina. X Congreso Regional Latinoamericano IRPA de Protección y Seguridad Radiológica “Radioprotección: Nuevos Desafíos para un Mundo en Evolución”. 2015.
21. Rocco C, Garrido A. Seguridad del Paciente y Cultura de Seguridad. Rev Med Clin Condes. 2017;28(5):785-95.
22. Fernández Delgado N, Fundora Sarraff T, Milanés Roldán MT. Fósforo 32: Experiencia de 30 años en la policitemia vera. Rev Cubana Hematol Inmunol Hemoter [Internet] 2003 [acceso 10/06/2019];19(2):2-3. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-02892003000200013&lng=es.
23. ARPANSA [Internet]. The Australian Radiation Incident Register 2020 [acceso 10/06/2019]. Disponible en: <http://www.arpansa.gov.au/radiationprotection/arir/>.
24. Nuclear Regulatory Commission of the United States 2021 [Internet]. [acceso 10/06/2019]. Disponible en: <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/event-status/event/>.
25. Centro Nacional de Seguridad Nuclear. Guía Expectativas del Organismo Regulador sobre la Cultura de Seguridad en las Organizaciones que Realizan Actividades con Fuentes de Radiación Ionizante. La Habana 2015.
26. Torres Berdeguez M, Thomas S, Medeiros Oliveira S, Vasconcellos de Sá L, Lopes de Souza S, Mas Milián F, et al. Individual dose planning in radiosynoviorthesis treatment: Step by step. Applied Radiation and Isotopes. 2020;163(109177):1-4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2020.109177>.
27. Oliveira Medeiros S, Thomas S, Vasconcellos de Sá L, Torres Berdeguez M, Pinho Mauricio C, Lopes de Souza S. A cost-effective way to reduce the equivalent eye lens dose from Yttrium-90 radiopharmaceuticals. Z Med Phys. 2020;10855:1-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.zemedi.2020.09.006>.
28. International Atomic Energy Agency [Internet]. Nuclear Medicine Resources Manual. 2020 Edition. IAEA Human Health Series. Marketing and Sales Unit, Publishing Section. 37: 175 IAEA, Vienna 2020 [acceso 03/01/2021]. Disponible en: <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB/1861.pdf>.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: *Zayda Haydeé Amador Balbona*

Curación de datos: *Zayda Haydeé Amador Balbona, Teresa Alejandra Fundora Sarraff*

Análisis formal: *Zayda Haydeé Amador Balbona, Antonio Torres Valle, Teresa Alejandra Fundora Sarraff*

Investigación: *Zayda Haydeé Amador Balbona, Antonio Torres Valle, Teresa Alejandra Fundora Sarraff*

Metodología: *Zayda Haydeé Amador Balbona, Antonio Torres Valle, Teresa Alejandra Fundora Sarraff*

Administración del proyecto: *Zayda Haydeé Amador Balbona*

Recursos: *Zayda Haydeé Amador Balbona, Antonio Torres Valle, Teresa Alejandra Fundora Sarraff*

Software: *Antonio Torres Valle*

Supervisión: *Zayda Haydeé Amador Balbona*

Validación: *Zayda Haydeé Amador Balbona, Antonio Torres Valle, Teresa Alejandra Fundora Sarraff*

Visualización: *Zayda Haydeé Amador Balbona, Antonio Torres Valle*

Redacción - borrador original: *Zayda Haydeé Amador Balbona, Teresa Alejandra Fundora Sarraff*

Redacción - revisión y edición: *Zayda Haydeé Amador Balbona, Antonio Torres Valle, Teresa Alejandra Fundora Sarraff*