

Verónica Guadalupe Cabrera-Pinto; Edmundo Daniel Navarrete-Arboleda; Vladimir Vega-Falcón
Juan Viteri-Rodríguez

<http://dx.doi.org/10.35381/s.v.v6i2.2040>

Identificación de riesgo físico basado en dosimetría termoluminiscente del personal ocupacionalmente expuesto en hospital ecuatoriano

Identification of physical risk based on thermoluminescent dosimetry of occupationally exposed personnel in an ecuadorian hospital

Verónica Guadalupe Cabrera-Pinto

pg.veronicagcp73@uniandes.edu.ec

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-4125-9740>

Edmundo Daniel Navarrete-Arboleda

navarretearboleda@gmail.com

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-8424-7996>

Vladimir Vega-Falcón

vega.vladimir@gmail.com

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-0140-4018>

Juan Viteri-Rodríguez

ua.juanviteri@uniandes.edu.ec

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-2463-7036>

Recibido: 15 de abril 2022

Revisado: 10 de junio 2022

Aprobado: '01 de agosto 2022

Publicado: 15 de agosto 2022

Verónica Guadalupe Cabrera-Pinto; Edmundo Daniel Navarrete-Arboleda; Vladimir Vega-Falcón
Juan Viteri-Rodríguez

RESUMEN

Objetivo: Identificar el nivel de riesgo asociado a la radiación ionizante que recibió el personal ocupacionalmente expuesto del área de Imagenología del Hospital General Docente Ambato, en Ecuador. **Método:** De tipo observacional descriptivo. **Resultados y conclusión:** El tiempo de exposición de los trabajadores fue diferente dadas las fechas de inicio y fin de las labores de cada uno. Estimando los niveles de radiación que podría recibir el POE con una proyección a 10 años de trabajo se encontró que la dosis total esperada para este tiempo de labores es de 17mSv en promedio, lo que indicó que se encontraban lejos de padecer efectos biológicos en la salud. La proyección realizada consideró situaciones en condiciones normales de trabajo, sin embargo, en caso de un accidente radiológico la exposición puede incrementarse considerablemente.

Descriptores: Anomalías inducidas por radiación; relación dosis-respuesta en la radiación; radioterapia. (Fuente: DeCS).

ABSTRACT

Objective: To identify the level of risk associated with ionizing radiation received by occupationally exposed personnel in the Imaging area of the Hospital General Docente Ambato, in Ecuador. **Methods:** Descriptive observational study. **Results and Conclusion:** The exposure time of the workers was different given the start and end dates of each one's work. Estimating the radiation levels that the POE could receive with a projection of 10 years of work, it was found that the total dose expected for this time of work is 17mSv on average, which indicated that they were far from suffering biological health effects. The projection considered situations under normal working conditions, however, in case of a radiological accident the exposure may increase considerably.

Descriptors: Abnormalities, radiation-induced; dose-response relationship, Radiation; radiotherapy. (Source: DeCS).

Verónica Guadalupe Cabrera-Pinto; Edmundo Daniel Navarrete-Arboleda; Vladimir Vega-Falcón
Juan Viteri-Rodríguez

INTRODUCCIÓN

Las radiaciones pueden provenir de sustancias radiactivas que emiten dichas radiaciones espontáneamente, o de generadores artificiales (equipos de rayos X y aceleradores de partículas) ¹. Existen dos tipos de radiaciones ionizantes que son ondulatorias o electromagnéticas y corpusculares. Las radiaciones ionizantes ondulatorias son de alta energía y su principal característica es la de no tener masa y no tener carga eléctrica. Sus exponentes son los rayos X y los rayos gamma (γ); dentro de estas se encuentran también los rayos cósmicos. Por el contrario, las radiaciones ionizantes corpusculares se caracterizan por tener masa y carga eléctrica definidas, y las más importantes son las partículas subatómicas alfa (α), beta (β) y los neutrones ^{2 3}.

La cantidad de energía depositada y la penetración de las radiaciones depende su tipo; es así como las radiaciones α , depositan elevadas cantidades de energía, pero tienen una capacidad de penetración muy baja y son detenidas por una hoja de papel. Las radiaciones β depositan menos energía en relación con las radiaciones α , pero existe mayor penetración y son detenidas por una lámina de metal. Las radiaciones γ depositan menos energía que las radiaciones α y β ; sin embargo, este tipo de radiación es muy penetrante y para detenerla se requiere láminas de algunos centímetros de plomo. Los rayos X, por su parte, son fotones de menor energía, pero con una gran capacidad de penetración y al igual que los rayos γ , son detenidos por blindajes especiales de grosor elevado. Este último tipo de radiaciones ionizantes son empleadas en Medicina Nuclear, Radiología y Radioterapia para estudios diagnósticos y en tratamientos, respectivamente ^{4 5}.

Por medio de la dosimetría de las radiaciones ionizantes es posible medir la cantidad de radiación (dosis) absorbida por un material o tejido que ha sido expuesto a radiación ionizante. La dosis absorbida, es la energía absorbida por unidad de masa y depende de la naturaleza y características del campo de radiación, del material o tejido irradiado y de los complejos procesos de interacción materia-radiación. Si se precisa medir la dosis

Verónica Guadalupe Cabrera-Pinto; Edmundo Daniel Navarrete-Arboleda; Vladimir Vega-Falcón
Juan Viteri-Rodríguez

absorbida en el cuerpo humano, se habla de dosimetría personal y su finalidad es que tras realizar su respectiva medición, se pueda prevenir y limitar la aparición de efectos nocivos producidos por la radiación ^{6 7 8}.

Los dosímetros son medidores de radiación acumulada durante un periodo de tiempo, usados para medir la dosis de exposición del trabajador o de la persona que se encuentra en zonas en las que existe riesgo de irradiación. A nivel mundial la dosimetría termoluminiscente es aplicada para la cuantificación de dosis recibida en los servicios de radiología ^{9 10}.

Con la identificación, medición, evaluación y control del riesgo ocasionado por las radiaciones ionizantes, que son altamente peligrosas, se comprenden las condiciones de salud, laborales y el nivel seguridad radiológica en las que se encuentra trabajando el POE en el área de Imagenología del Hospital General Docente Ambato.

En este contexto, el objetivo del estudio es identificar el nivel de riesgo asociado a la radiación ionizante que recibió el personal ocupacionalmente expuesto del área de Imagenología del Hospital General Docente Ambato, en Ecuador.

MÉTODOS

De tipo observacional descriptivo.

El servicio de Salud Ocupacional del Hospital General Docente Ambato, facilitó 67 reportes dosimétricos del POE, comprendidos desde el mes de enero del año 2016 hasta el mes de junio del año 2020, en los que se encontró y se seleccionó la información de radiación recibida correspondiente al POE del área de Imagenología.

En el estudio se incluyeron a 30 trabajadores que laboraron en el área de Imagenología del Hospital General Docente Ambato, durante el periodo de tiempo estudiado de 4 años y 6 meses, excluyendo a aquellos que no contaban con licencia de habilitación para trabajar con radiaciones ionizantes; que no poseían dosímetro termoluminiscente, o que el mismo estuviera en malas condiciones. No se requirió cálculo de la muestra.

Verónica Guadalupe Cabrera-Pinto; Edmundo Daniel Navarrete-Arboleda; Vladimir Vega-Falcón
Juan Viteri-Rodríguez

Se respetaron y aplicaron los principios éticos de la Declaración de Helsinki y sus ulteriores actualizaciones.

RESULTADOS

Mediante los datos obtenidos con los reportes dosimétricos del POE, se realizó una proyección de la radiación ionizante que los integrantes del POE podrían recibir a 10 años. En la proyección se encontró que la radiación esperada estuvo comprendida entre 0,22mSv a 0,36mSv, con un promedio de 0,28mSv por reporte dosimétrico.

La predicción fue realizada en el programa Google Colab xcon el uso del algoritmo *Support Vector Regression* (SRV) de la librería sklearn de Python con parámetros $C=1$, $\epsilon=0.01$. Este algoritmo fue entrenado con el 90% de los datos y validado en el 10% restante de los reportes dosimétricos. La precisión del algoritmo fue del 84.37%.

DISCUSIÓN

El personal que opera los equipos que emiten radiaciones ionizantes no es el mismo todo el tiempo, debido a se alternan en cada turno trabajo, es así como un día se encuentra operando el tomógrafo, otro día opera los equipos de rayos X convencionales o móviles y el arco en C, que generalmente tienen bajos niveles de exposición.

Debido a que existe alta demanda de pacientes para realizase estudios por imagen a diario, en el HGDA existen dos equipos de rayos X fijos, sin embargo, uno de estos se encuentra inoperativo debido a la falta del tubo de rayos X, lo que hace que el POE tenga una sobrecarga de pacientes y exista mayor tiempo de exposición a radiaciones ionizantes.

Las dosis acumuladas individuales del POE son bajas a pesar de la alta carga de trabajo y largo tiempo de exposición asociados con el tomógrafo, y los equipos de rayos X, esto estaría relacionado al uso de equipos de protección personal y al blindaje especial del área de Imagenología, que se diseña para reducir la exposición ocupacional.

Verónica Guadalupe Cabrera-Pinto; Edmundo Daniel Navarrete-Arboleda; Vladimir Vega-Falcón
Juan Viteri-Rodríguez

Los resultados obtenidos se comparan con estudios similares, uno de estos se realiza en Malawi, en 2016, en el que evalúan las dosis individuales recibidas por los radiógrafos y la tasa de dosis de radiación dispersa que llega al panel de control en los departamentos de rayos X; donde se obtiene una dosis mensual promedio de 0,247mSv y de 2,964mSv de dosis anual promedio, valores que no son diferentes de los hallazgos que se encuentran en el presente estudio ¹¹.

En Arabia Saudita, en el año 2017, se realiza un estudio para determinar el estado de su dosis efectiva anual promedio en trabajadores médicos de los departamentos de radiología diagnóstica, medicina nuclear y radioterapia, del hospital universitario de la Universidad King Abdul-Aziz (KAU), donde se evidencian dosis efectivas promedio de 0,66, 1,56 y 0,28 mSv, respectivamente; valores que no varían con los resultados que se obtienen en este estudio ⁵.

Un estudio que se realiza en Emiratos Árabes Unidos, en 2018, monitorea la dosis de radiación para los estudiantes de radiografía durante la capacitación clínica, para demostrar el alcance de la radiación. En el mismo se demuestra que todas las mediciones están por debajo de los límites de dosis apropiados (0,01 a 0,97mSv, con un promedio de 0,095 mSv), resultados que no difieren con los obtenidos en la presente investigación ¹².

En Ecuador, en el año 2019, se realiza un estudio para determinar la relación entre la dosis de radiación recibida y la práctica en intervención médica, en el que se evidencia que las dosis promedio para cada práctica no excede la dosis permitida para trabajadores ocupacionalmente expuestos, reflejando dosis media anual de 1,32mSv a 2,33 mSv, resultados que se asemejan con los obtenidos en este estudio ¹³.

Llega a la conclusión de que los trabajadores presentan niveles bajos de radiación recibida, que no hacen descartar el riesgo de presentar efectos estocásticos en la salud de los trabajadores. Este resultado se puede comparar con este estudio en relación con los bajos niveles de radiación recibidos, dejando una puerta abierta a un nuevo estudio

Verónica Guadalupe Cabrera-Pinto; Edmundo Daniel Navarrete-Arboleda; Vladimir Vega-Falcón
Juan Viteri-Rodríguez

de la asociación de bajas dosis de radiación y el riesgo de presentar efectos biológicos estocásticos ¹⁴.

El autocuidado y uso adecuado de los equipos de protección personal plomados ¹⁵ al momento de realizar cualquier tipo de procedimiento en los que se necesite de las radiaciones ionizantes, son el recurso sanitario más importante del sistema de atención en salud, pues todas estas medidas preventivas que tienen los trabajadores que se exponen, garantizan su bienestar y salud en general. Sin embargo, no se puede ignorar que el uso inadecuado e irracional de las radiaciones ionizantes puede traer severas consecuencias.

CONCLUSIONES

El tiempo de exposición de los trabajadores fue diferente dadas las fechas de inicio y fin de las labores de cada uno. Estimando los niveles de radiación que podría recibir el POE con una proyección a 10 años de trabajo se encontró que la dosis total esperada para este tiempo de labores es de 17mSv en promedio, lo que indicó que se encontraban lejos de padecer efectos biológicos en la salud. La proyección realizada consideró situaciones en condiciones normales de trabajo, sin embargo, en caso de un accidente radiológico la exposición puede incrementarse considerablemente.

Al realizar un monitoreo periódico y llevar un registro preciso del POE con las dosis acumuladas que refleja el POE, se logrará alcanzar los objetivos que tiene el reglamento de seguridad radiológica vigente en Ecuador y de esta manera, se asegurará que en condiciones normales de trabajo el personal no se sobreexponga y no supere los límites de dosis permisibles.

Aunque el POE no está directamente expuesto a la radiación ionizante, reciben radiación de dispersión que es extremadamente variable. Teniendo en cuenta que las dosis acumuladas se mantuvieron dentro de los límites permisibles vigentes, aceptados y

Verónica Guadalupe Cabrera-Pinto; Edmundo Daniel Navarrete-Arboleda; Vladimir Vega-Falcón
Juan Viteri-Rodríguez

establecidos por el MEER y SCAN, existe el riesgo de que los trabajadores presenten efectos estocásticos.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen conflicto de interés en la publicación de este artículo.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

AGRADECIMIENTO.

A la Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato; por impulsar el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS

1. Chuco, S. L., Bernal, L., & Espinoza, E. (2016). Valores de dosimetría efectiva y equivalente de tecnólogos médicos que laboran en el servicio de radiología. Hospital Nacional PNP "Luis N. Sáenz". Enero 2015 - diciembre 2015 [Effective and equivalent dosimetry values of medical technologists working in the radiology service. National Hospital PNP "Luis N. Sáenz". January 2015 - December 2015]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/6434>
2. Havránková R. Biological effects of ionizing radiation. Biologické účinky ionizujícího záření. Cas Lek Cesk. 2020;159(7-8):258-260.
3. Fairand BP. Ionizing radiation. Biomed Instrum Technol. 2012;46(4):245.
4. Méndez Arias A, Maldonado Gil J. Hematopoietic disease in workers exposed to ionizing radiation. Med. segur. trab. [Internet]. 2014; 60(234): 143-160.

Verónica Guadalupe Cabrera-Pinto; Edmundo Daniel Navarrete-Arboleda; Vladimir Vega-Falcón
Juan Viteri-Rodríguez

5. M.H. Nassef & A.A. Kinsara. Occupational Radiation Dose for Medical Workers at a University Hospital, Journal of Taibah University for Science, 2017. 11:6, 1259-1266, DOI: [10.1016/j.itusci.2017.01.003](https://doi.org/10.1016/j.itusci.2017.01.003)
 6. ALMasri HY, Kakinohana Y, Yogi T. Occupational radiation monitoring at a large medical center in Japan. Radiol Phys Technol. 2014;7(2):271-276. doi:[10.1007/s12194-014-0262-5](https://doi.org/10.1007/s12194-014-0262-5)
 7. Ko S, Kang S, Ha M, et al. Health Effects from Occupational Radiation Exposure among Fluoroscopy-Guided Interventional Medical Workers: A Systematic Review. J Vasc Interv Radiol. 2018;29(3):353-366. doi:[10.1016/j.jvir.2017.10.008](https://doi.org/10.1016/j.jvir.2017.10.008)
 8. Yoder RC, Dauer LT, Balter S, et al. Dosimetry for the study of medical radiation workers with a focus on the mean absorbed dose to the lung, brain and other organs. Int J Radiat Biol. 2022;98(4):619-630. doi:[10.1080/09553002.2018.1549756](https://doi.org/10.1080/09553002.2018.1549756)
 9. Rivera T. Thermoluminescence in medical dosimetry. Appl Radiat Isot. 2012;71 Suppl:30-34. doi:[10.1016/j.apradiso.2012.04.018](https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2012.04.018)
 10. Abd El-Hafez AI, Maghraby A. Impact of reading pre-irradiation background signal on the post-irradiation glow curves of thermoluminescence dosimeters. Appl Radiat Isot. 2011;69(10):1533-1539. doi:[10.1016/j.apradiso.2011.06.011](https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2011.06.011)
 11. Chinangwa G, Amoako JK, Fletcher JJ. Radiation dose assessment for occupationally exposed workers in Malawi. Malawi Med J. 2017;29(3):254-258. doi:[10.4314/mmj.v29i3.5](https://doi.org/10.4314/mmj.v29i3.5)
 12. Abuzaid MM, Elshami W, Steelman C. MEASUREMENTS OF RADIATION EXPOSURE OF RADIOGRAPHY STUDENTS DURING THEIR CLINICAL TRAINING USING THERMOLUMINESCENT DOSIMETRY. Radiat Prot Dosimetry. 2018;179(3):244-247. doi:[10.1093/rpd/ncx261](https://doi.org/10.1093/rpd/ncx261)
-
13. Carrasco, W., Borja, M., Flores, A., Adriano, M., & Benalcázar, F. Comparison of the received dose by occupationally exposed personnel in interventionism. J. health med. sci. (Print) 2019 ; 5(1): 67-73.

Verónica Guadalupe Cabrera-Pinto; Edmundo Daniel Navarrete-Arboleda; Vladimir Vega-Falcón
Juan Viteri-Rodríguez

14. Ahmad IM, Abdalla MY, Moore TA, Bartenhagen L, Case AJ, Zimmerman MC. Healthcare Workers Occupationally Exposed to Ionizing Radiation Exhibit Altered Levels of Inflammatory Cytokines and Redox Parameters. *Antioxidants (Basel)*. 2019;8(1):12. doi:[10.3390/antiox8010012](https://doi.org/10.3390/antiox8010012)
 15. Ruskin KJ, Ruskin AC, Musselman BT, Harvey JR, Nesthus TE, O'Connor M. COVID-19, Personal Protective Equipment, and Human Performance. *Anesthesiology*. 2021;134(4):518-525. doi:[10.1097/ALN.0000000000003684](https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003684)
-

2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).