

Uso de radiaciones ionizantes como método diagnóstico-terapéutico en un hospital de tercer nivel. Estudio observacional



Trabajo Fin de Máster

Bárbara Lorca Martínez

Tutor

José Ricardo Nalda Molina

Uso de radiaciones ionizantes como método diagnóstico-terapéutico en un hospital de tercer nivel. Estudio observacional

Trabajo Fin de Máster

Bárbara Lorca Martínez



José Ricardo Nalda Molina



UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ

MÁSTER OFICIAL EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

CURSO 2021/2022



INFORME DEL DIRECTOR DEL TRABAJO FIN MASTER DEL MASTER UNIVERSITARIO EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

D. José Ricardo Nalda Molina., Tutor del Trabajo Fin de Máster, titulado *“Uso de radiaciones ionizantes como método diagnóstico-terapéutico en un Hospital de tercer nivel. Estudio observacional”* y realizado por la estudiante Dña. Bárbara Lorca Martínez,

Hace constar que el TFM ha sido realizado bajo mi supervisión y reúne los requisitos para ser evaluado.

Fecha de la autorización: 17/05/2022

Fdo.:
José Ricardo Nalda Molina





RESUMEN

Son numerosas las especialidades médico-quirúrgicas en las que se utilizan radiaciones ionizantes, tanto para diagnosticar diversas patologías como para tratarlas. Así, Servicios hospitalarios como Traumatología y Ortopedia, Radiodiagnóstico, Radioterapia y Medicina Nuclear, utilizan radiaciones ionizantes de manera habitual, para reducir fracturas y luxaciones, colocar prótesis articulares, stents intravasculares, extraer coágulos sanguíneos, embolizar aneurismas intracerebrales, diagnosticar tumores mediante radionúclidos, radiar tumores de manera estereotáctica, etc.

La exposición sin medida a este tipo de radiaciones se traduce en graves problemas de salud, de modo que es imperativo adquirir los conocimientos necesarios para poder trabajar con ellas, así como reglamentar su uso dentro del hospital.

La muestra del presente estudio se ciñe al personal sanitario del quirófano de Cirugía Traumatológica y Ortopédica del Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca, en Murcia. Entre ellos encontramos auxiliares de enfermería, celadores, enfermeros, traumatólogos y anestesiólogos. El objetivo fue evaluar la formación y los conocimientos que tienen estos profesionales sobre radiaciones ionizantes y sobre radioprotección.

Para ello, se realizó una encuesta anónima y voluntaria, utilizando dos cuestionarios: uno sobre aspectos sociodemográficos y laborales; y otro de conocimientos sobre radiaciones ionizantes y opiniones personales relacionadas con radioprotección.

Se ha obtenido un análisis estadísticamente significativo en cuanto a los conocimientos sobre riesgos de radiaciones ionizantes para la mayoría de las variables. Éstos dependen mayormente de la categoría profesional y de los años de experiencia con aparatos emisores de radiaciones ionizantes. En cuanto al uso de radioprotección y la categoría profesional, se extrae de los datos analizados que los profesionales más radioexpuestos son los que utilizan más a menudo los protectores frente a las radiaciones ionizantes.

Palabras clave

Protección radiológica, radiaciones ionizantes, cirugía ortopédica, exposición a radiación, fluoroscopia.

ABSTRACT

There are numerous medical-surgical specialties in which ionizing radiation is used, both to diagnose various pathologies and to treat them. Thus, hospital services such as Traumatology and Orthopedics, Radiodiagnosis, Radiotherapy and Nuclear Medicine use ionizing radiation on a regular basis to reduce fractures and dislocations, place joint prostheses, intravascular stents, extract blood clots, embolize intracerebral aneurysms, diagnose tumors using radionuclides, radiate tumors stereotactically, etc.

Exposure without measure to this type of radiation translates into serious health problems, so it is imperative to acquire the necessary knowledge to be able to work with them, as well as to regulate their use within the hospital.

The sample of this study is limited to the health personnel of the Traumatological and Orthopedic Surgery operating room of the Virgen de la Arrixaca University Clinical Hospital, in Murcia. Among them we find nursing assistants, warders, nurses, traumatologists and anesthesiologists. The objective was to evaluate the training and knowledge that these professionals have about ionizing radiation and radioprotection.

For this, an anonymous and voluntary survey was carried out, using two questionnaires: one on sociodemographic and labor aspects; and another of knowledge about ionizing radiation and personal opinions related to radioprotection.

A statistically significant analysis has been obtained in terms of knowledge about the risks of ionizing radiation for most of the variables. These depend mainly on the professional category and the years of experience with devices that emit ionizing radiation. Regarding the use of radioprotection and the professional category, it is extracted from the analyzed data that the most radioexposed professionals are the ones who most often use protectors against ionizing radiation.

Keywords

Radiological protection, ionizing radiation, orthopedic surgery, radiation exposure, fluoroscopy.

ABREVIATURAS

ADN: ácido desoxirribonucleico

ALARA: *As Low As Reasonably Achievable*

ANR: Anestesiología, Reanimación y Dolor

AP: anteroposterior

AUX: Auxiliar de Enfermería

CEL: Celador

CIPR: Comisión Internacional de Protección Radiológica

COT: Cirugía Ortopédica y Traumatología

CSN: Consejo de Seguridad Nuclear

DE: desviación estándar

ENF: Enfermería / enfermero/a

EPI: equipo/s de protección individual

eV: electronvoltio

FEA: Facultativo Adjunto Especialista

Fig.: figura

Gy: gray

Hz: hertzios

IMC: índice de masa corporal

J: julio

keV: kiloelectrónvoltio

kV: kilovoltios

LAT: lateral

MeV: megaelectronvoltio

MIR: Médico Interno Residente

mm.: milímetros

mSv: milisievert

n: número de la muestra

nm.: nanómetros

OMS: Organización Mundial de la Salud

p.ej.: por ejemplo

RD: Real Decreto

SI: sistema internacional

SPR: Servicio de Protección Radiológica

SPRL: Servicio de Prevención de Riesgos Laborales

Sv: sievert

TPE: trabajador/a/ profesionalmente expuesto/a

v.: véase

µSv: microsievert





ÍNDICE

1. Introducción.....	11
1.1. Definiciones	11
1.2. Efectos de la radiación ionizante, uso médico y consecuencias.....	15
1.3. Protección radiológica.....	23
1.4. Vigilancia y control	32
2. Justificación.....	35
3. Objetivos	37
3.1. Objetivo general.....	37
3.2. Objetivos específicos	37
4. Material y métodos	39
4.1. Ámbito del estudio	39
4.2. Variables.....	40
4.3. Búsqueda bibliográfica.....	40
4.3. Resultados esperados	41
4.4. Confidencialidad de los datos y memoria económica.....	41
5. Resultados y discusión.....	43
5.1. Resultados.....	43
5.2. Discusión	48
5.3. Impacto.....	54
6. Conclusiones.....	57
7. Bibliografía	59
8. Anexos	63



1. Introducción

El campo de la Cirugía Ortopédica y Traumatológica ha avanzado mucho en los últimos años y, con ella, el uso de las radiaciones ionizantes en el quirófano. En consecuencia, la radioexposición del personal sanitario y de los pacientes se ha incrementado de manera notable al realizar controles pre e intraoperatorios¹.

1.1. Definiciones

La **radiación** puede definirse como la “disipación de energía formada por partículas subatómicas (electrones y neutrones) y ondas electromagnéticas, ya sea en el vacío o en un medio material”². Las partículas subatómicas son electrones y neutrones que se mueven a gran velocidad, mientras que las ondas electromagnéticas son las ondas de radio, las microondas, la radiación ultravioleta, los rayos X, los rayos gamma (γ) y la luz visible³.

Si la velocidad y la energía de la radiación es muy alta, puede arrancar electrones de los átomos que componen la materia radiada, liberando energía, y eso es lo que se conoce como **radiación ionizante**.

Las radiaciones ionizantes tienen por tanto dos características definitorias: capacidad de penetrar en la materia, y capacidad de dejar ionizados partes de átomos que la componen. La primera característica es inversamente proporcional al tamaño de las partículas que componen la radiación, y la segunda, a su nivel de energía⁴ (Fig. 1).

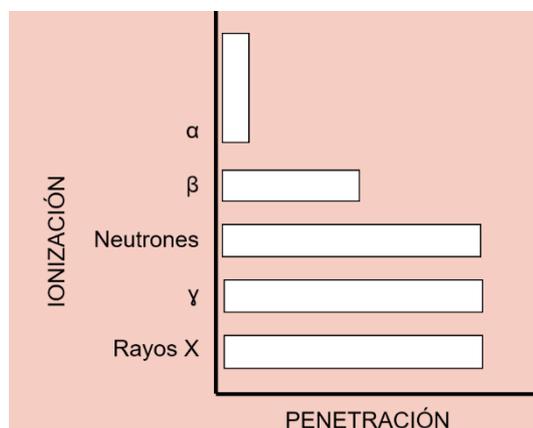


Fig. 1. Representación esquemática de las radiaciones. Elaboración propia⁶.

Existen numerosos tipos de radiaciones ionizantes⁴:

- Partículas alfa (α). Son núcleos de helio cargados positivamente. Poseen un alto poder de ionización, pero baja capacidad de penetración.
- Radiaciones beta - (β^-) y beta + (β^+). Son la liberación de un electrón y un positrón, respectivamente, como consecuencia de la transformación de un neutrón. Poseen un poder de ionización algo inferior a las partículas α y un mayor poder de penetración.
- Radiaciones gamma (γ). Es la emisión de energía en forma no corpuscular. Son radiaciones electromagnéticas. Presentan un poder de ionización relativamente bajo y una gran capacidad de penetración.
- Rayos X. Se producen como consecuencia de la acción de electrones rápidos sobre los átomos y tienen, como la radiación γ , una naturaleza electromagnética, aunque su energía es menor.

1.1.1. Rayos X

Cuanta más energía tenga una radiación, mayor es la profundidad del tejido a la que puede llegar. Al atravesar dicho tejido, siempre queda una dosis de radiación que se absorbe en el mismo y que no vuelve a salir. Dicha dosis recibe el nombre de “efecto fotoeléctrico”, y depende de la energía de la radiación, y del volumen y la masa del tejido que atraviesa⁷.

Los rayos X son ondas electromagnéticas no visibles al ojo humano. Para la realización de las imágenes médicas, los rayos X son emitidos por un transmisor y pasan a través de los tejidos hacia un receptor. A lo largo de este camino atraviesan, se dispersan o son absorbidos por tejidos u otros objetos. Esto depende de la facilidad con la que los rayos X puedan penetrar en el medio y está relacionado con el llamado “coeficiente de atenuación del tejido”⁸. Cuanto más bajo sea el coeficiente de atenuación del tejido, más fácilmente podrá viajar el haz a través de él⁸. El hueso tiene un alto coeficiente de atenuación debido al calcio en su matriz inorgánica; por tanto, la absorción es relativamente alta en el hueso en comparación con la menor absorción en los tejidos blandos⁹.

Por último, también tenemos que tener en cuenta el llamado “efecto Compton” o “dispersión de Compton”, que consiste en la radiación que se dispersa tras atravesar el tejido⁷ (Fig. 2, flecha nº 3). Son fotones desviados de su trayectoria original y de menor energía, pero pueden dispersarse en todas direcciones de manera aleatoria, siendo un riesgo potencial para el personal sanitario⁹.

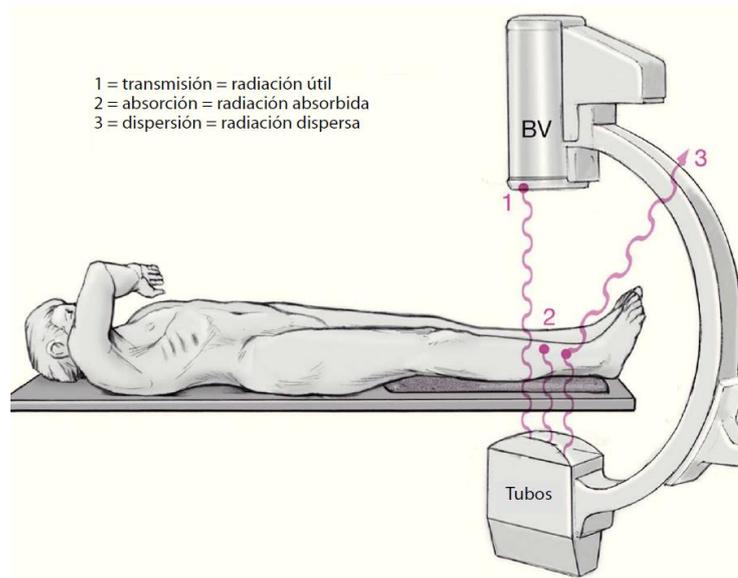


Fig. 2.

1.1.2. Magnitudes y unidades básicas

Para poder cuantificar la energía de las radiaciones ionizantes y su potencial daño biológico, es necesario disponer de magnitudes y unidades adecuadas.

De manera muy resumida, las más utilizadas en el Sistema Internacional (SI), y sus equivalencias en el Sistema Cegesimal, son las siguientes⁷:

- **Gray (Gy)**. Es la unidad de dosis de energía absorbida por un tejido, o sea, el efecto físico. $1 \text{ Gy} = 1 \text{ Julio/kg}$.
- **Sievert (Sv)**. Es la unidad de medida de la **dosis equivalente**. Es el resultado de multiplicar la dosis por un factor corrector específico para cada tejido y para cada radicación. Por eso se puede decir que el Sv es la unidad de medida del efecto biológico de la radiación.
- **Roentgen Equivalent Man (REM)**. Utilizado hasta 1985 para designar la Dosis Equivalente. Actualmente se utiliza el Sv. Las equivalencias son las siguientes:
 - o $100 \text{ rem} = 1 \text{ Gy} = 1 \text{ Sv}$
 - o $100 \text{ milirem} = 1 \text{ mGy} = 1 \text{ miliSievert} (= 1.000 \text{ microsievert})^7$

Niveles de energía

Para medir cuán energética es una radiación, utilizamos el electronvoltio (eV) y sus múltiplos: kiloelectrónvoltio (1keV = 103 eV) y el megaelectrónvoltio (1 meV =103 keV).

El electronvoltio (eV) se define como: “energía que adquiere un electrón cuando se aplica, en el vacío, una diferencia de potencial de 1 voltio”⁶. Es equivalente a 1.6×10^{-19} J.

Dosis equivalente y dosis efectiva

Para medir la dosis de radiación se utilizan los conceptos de “dosis equivalente” y “dosis efectiva”¹⁰.

La **dosis equivalente** mide la energía cedida por unidad de masa, pero que además tiene en cuenta el daño biológico. Es el resultado de multiplicar la dosis absorbida por un factor de ponderación de radiación. La unidad de medida es el Sv. 1 Sv (SI) = 100 rems (Cegesimal)⁴. En la práctica se utilizan sus submúltiplos, el mSv (10^{-3} Sv) y el μ Sv (10^{-6} Sv)⁶.

La **dosis efectiva** corresponde a la suma de las dosis equivalentes ponderadas en todos los tejidos y órganos del cuerpo. La unidad de medida que se utiliza es el mSv¹⁰. Con esta magnitud podemos saber la probabilidad de que ocurra un evento adverso para la salud, generalmente, enfermedades oncológicas, como consecuencia de la radioexposición.

El ser humano está expuesto de manera natural a la radiación (en España el valor medio es de 2'4 mSv/año³); incluso existen, en la composición del cuerpo humano, algunos átomos radiactivos, como polonio, carbono, potasio y gases nobles.

En lo referente al ámbito sanitario, a pesar de que son los pacientes los que reciben principalmente la exposición a las radiaciones, es inevitable cierta exposición ocupacional de los trabajadores implicados.

Para la elaboración de nuestro trabajo, nos focalizaremos únicamente en aparatos generadores de radiaciones ionizantes en quirófanos, que son los equipos de rayos X. Éstos no contienen sustancias radiactivas, sino que las generan cuando se aprieta el botón de disparo y el aparato está conectado a la corriente eléctrica. Los equipos de rayos X pueden ser fijos o móviles³.

Los equipos son manejados por personal cualificado y acreditado para ello, según lo contemplado en el Real Decreto (RD) 1891/1991¹¹, de 30 de diciembre, sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico; y en la Resolución de 5 de noviembre de 1992 del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) de 1992³.

1.2. Efectos de la radiación ionizante, uso médico y consecuencias

1.2.1. Efectos estocásticos y deterministas

Se trata de efectos secundarios adversos como consecuencia de la exposición a radiaciones ionizantes¹:

- **Estocásticos.** No tienen un umbral de exposición. La probabilidad de que aparezcan tiene una relación lineal de la cantidad de radiación absorbida.
- **Deterministas,** agudos o no estocásticos. Se dan cuando la cantidad de radiación absorbida supera un valor umbral¹.

Mediante estos efectos se pueden inducir la formación de tumores, alteraciones genéticas y daños en el feto. Por ejemplo, se conoce que el 85% de todos los carcinomas papilares de tiroides están inducidos por radiación con una dosis carcinógena calculada en 100 mSv⁷.

Las alteraciones tempranas son daños cutáneos como enrojecimiento o quemaduras. Las alteraciones tardías que se han descrito son: leucemia, opacificación del cristalino, anomalías de la serie hemática, e incluso, neoplasia maligna de tiroides. El tiempo de latencia de cada una es variable, pero pueden pasar varios años desde la exposición hasta que se manifiestan. En total, se estima que cada año pueden llegar a fallecer unas 2000 personas de enfermedad cancerígena terminal inducida por diagnóstico radiológico⁷.

Por todo esto, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Comisión Internacional para la Educación Radiológica de la Sociedad Internacional de Radiología, publicaron en 2004 *“Fundamentos de la protección radiológica para el uso diario: cómo lograr ALARA: consejos prácticos y directrices”*¹². El principio ALARA significa en inglés «as low as reasonably achievable»; o sea, tan bajo como sea razonablemente posible⁷, y se basa en el principio de que hay que encontrar un equilibrio entre lo que es óptimo y lo que es aceptable⁹.

1.2.2. Interacción con el organismo: daños biológicos

El daño producido por las radiaciones ionizantes puede tener un carácter somático (afectando únicamente al propio individuo), o bien un carácter genético (daños en las células germinales que afecten a generaciones posteriores) (Fig. 3)⁴.

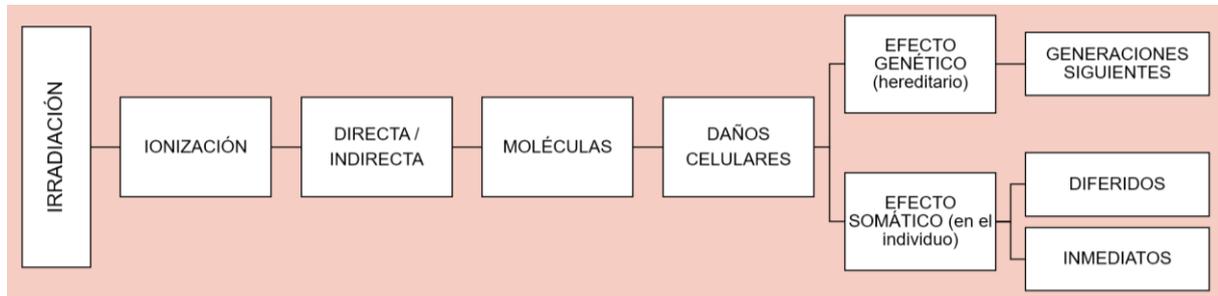


Fig. 3. Cambios moleculares que dañan las células afectadas. Elaboración propia⁶.

El hecho de que las radiaciones ionizantes nos sean tan útiles es debido a su capacidad de atravesar materia, órganos y tejidos, permitiéndonos ver a través de ellos posibles anomalías y enfermedades. Pero, también debido a esto, las radiaciones ionizantes pueden deteriorar el tan preciado material genético del núcleo de las células y provocar infinidad de enfermedades, como comentaremos más adelante¹³.

Como ejemplos de dichas enfermedades, podríamos citar las siguientes.

- En la piel, alteran el crecimiento normal de la epidermis, volviéndola quebradiza, alterando las huellas digitales, anulando el crecimiento del vello, y debilitando las uñas. Estas alteraciones en su conjunto son lo que conocemos con el nombre de “radiodermatitis crónica”¹³.
- El cristalino es uno de los órganos más radiosensibles, pudiendo aparecer cataratas radioinducidas.
- En los pulmones, puede dar lugar a neumonitis y fibrosis pulmonar¹³.
- En el sistema cardiocirculatorio pueden acontecer arritmias y alteraciones en la contracción aurículo-ventricular.
- Las células germinales son unas de las más radiosensibles, de manera que son las más perjudicadas por la exposición a rayos X. En el hombre, puede ocasionar impotencia sexual e incluso esterilidad. En el caso de la mujer, alteraciones menstruales y menopausia precoz (es decir, antes de 40 años de edad)¹³.
- Cuando es necesario irradiar todo el cuerpo, se puede producir de manera aguda el llamado “síndrome cerebral”, que se caracteriza por migraña, febrícula o incluso fiebre,

disminución de la tensión arterial e incluso náuseas y/o vómitos. Cuando la radiación es penetrante en una sola exposición o a lo largo de 1 o 2 días, produce el llamado “síndrome de radiación agudo”, consecuencia de la muerte de numerosas células y reacción inflamatoria asociada¹³.

- Igualmente, en los casos de exposición crónica, pueden aparecer numerosas enfermedades neoplásicas (a veces sincrónicas) y envejecimiento prematuro.

1.2.3. Diagnóstico por imagen pre e intraoperatorio. Radiación dispersa

La fluoroscopia dentro del quirófano se lleva a cabo mediante el llamado “arco en C”, que produce rayos X, y se usa en mayor o menor medida en función de la intervención quirúrgica y sus necesidades. Su posición y la del paciente se deciden antes de la operación por Traumatología, junto con Anestesiología, el personal de enfermería y celadores⁷.

Radiación dispersa

La fuente principal de radiación durante la fluoroscopia procede de la radiación dispersa y especialmente, de aquella generada por la masa del paciente. Como podemos ver en la Fig. 4, alrededor de la mesa de operaciones, se crean las llamadas “curvas de isodosis”, las cuales disminuyen en intensidad a medida que nos alejamos del tubo de rayos X.

De cada 1.000 fotones emitidos por el tubo del aparato, de rayos X, aproximadamente 100-200 se dispersan; sólo unos 20 alcanzan el amplificador de imágenes, y el resto es absorbido por el paciente y dispersado (Fig. 5)⁷.

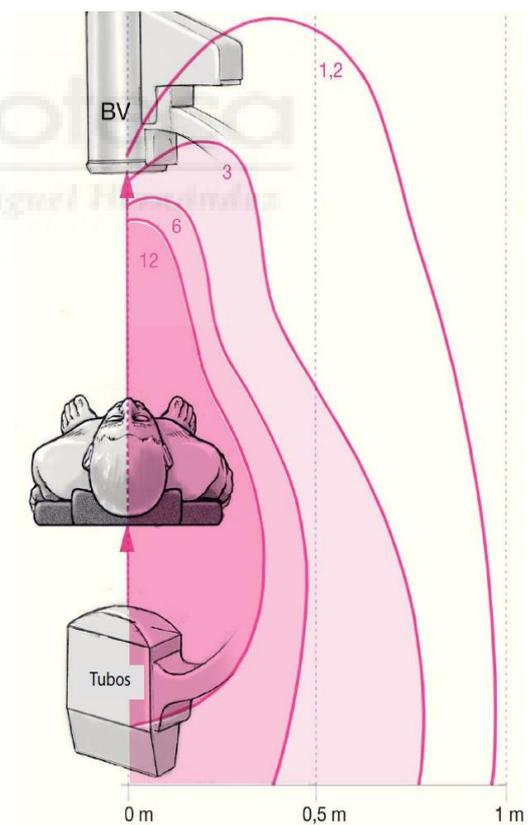


Fig. 4.

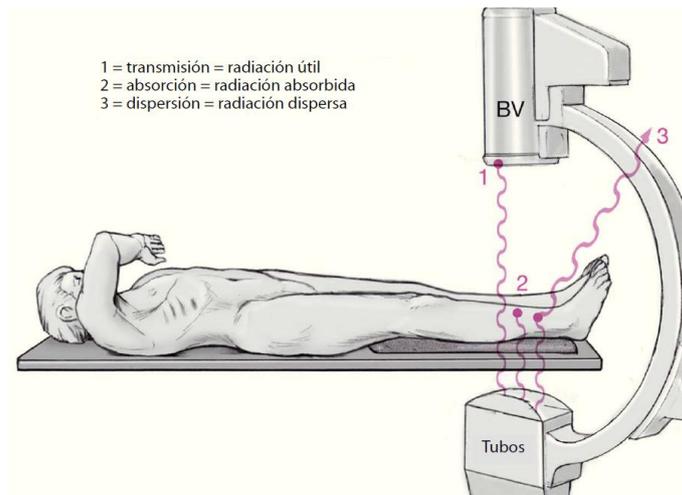


Fig. 5.

La proporción de radiación dispersa que puede afectar al personal sanitario de quirófano, es mayor cuanto mayor sea el tamaño del campo irradiado y el número de fotones que lo atraviesa.

Los aparatos de fluoroscopia tienen la posibilidad de colimar el campo a exponer, es decir, enfocar bien el haz de rayos para llevarlo exactamente a la zona del enfermo a inspeccionar. Cuando se colima el campo quirúrgico, se cierra el diámetro del amplificador de imágenes, con lo cual la radiación dispersa disminuye, la dosis de radiación para el paciente es mayor (pero solamente en la zona irradiada) y aumenta la calidad de la imagen obtenida (Fig. 6).

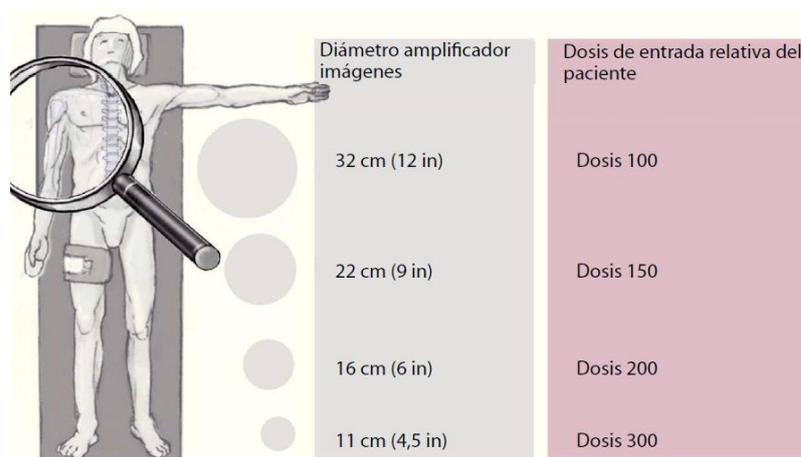


Fig. 6.

Otro factor a tener en cuenta es que la radiación dispersa es menor cuanto más cerca nos encontremos del haz de rayos X, y aumenta cuanto mayor sea la distancia con el paciente.

Debido a estos dos factores, para disminuir el grado de irradiación del personal, los generadores de rayos X se colocarán siempre debajo de la mesa de operaciones y lo más cercana a ésta posible⁷.

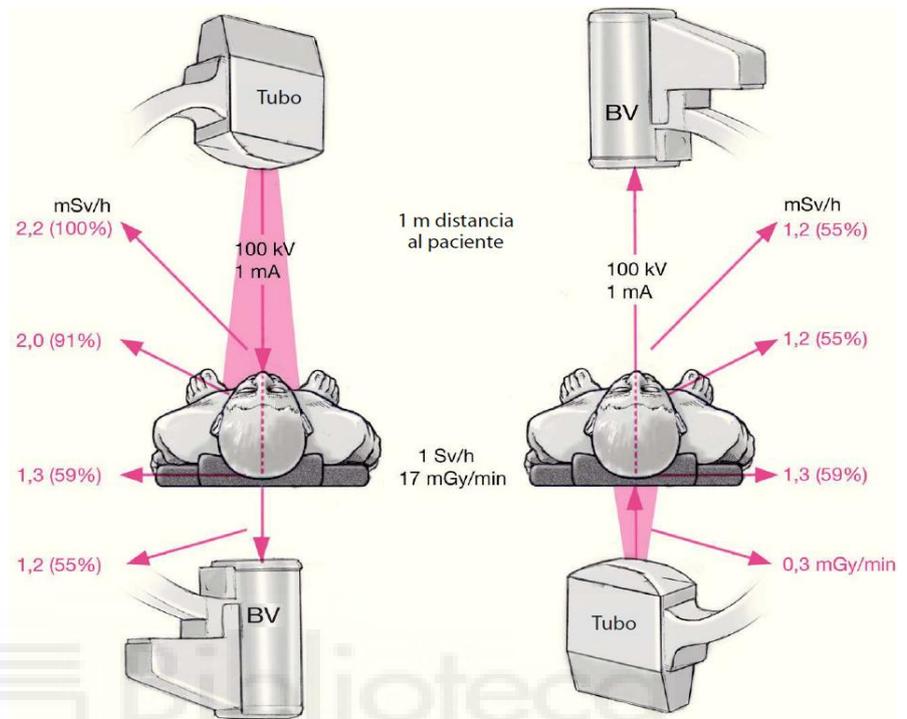


Fig. 7.

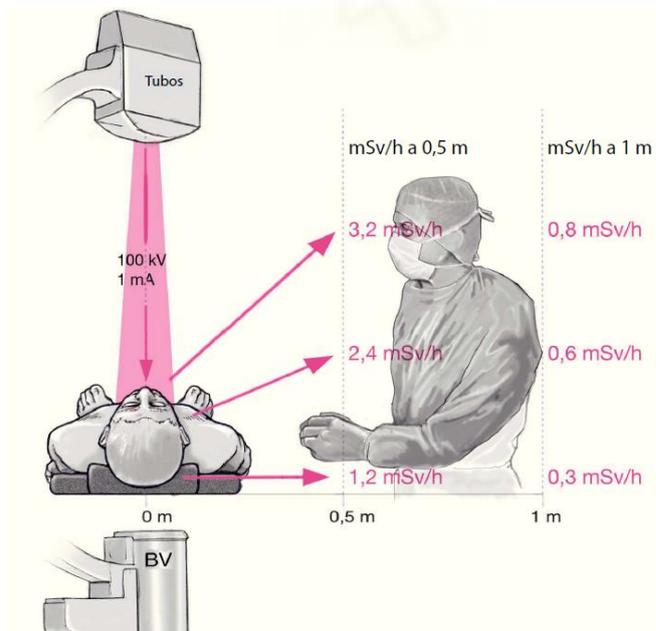


Fig. 8.

Cuando lo que se quiere es realizar una proyección lateral, lo más seguro para disminuir la intensidad de la radiación es que el personal sanitario se sitúe en el mismo lado que el amplificador de imágenes, ya que, de esta manera, puede llegar a disminuir la radiación hasta 10 veces. Las tasas de dosis medidas en el cuerpo son de 0'53 mSv/min en el lado del aparato de rayos X, frente a 0'02 mSv/min en el lado del amplificador. (Fig. 9)⁷.

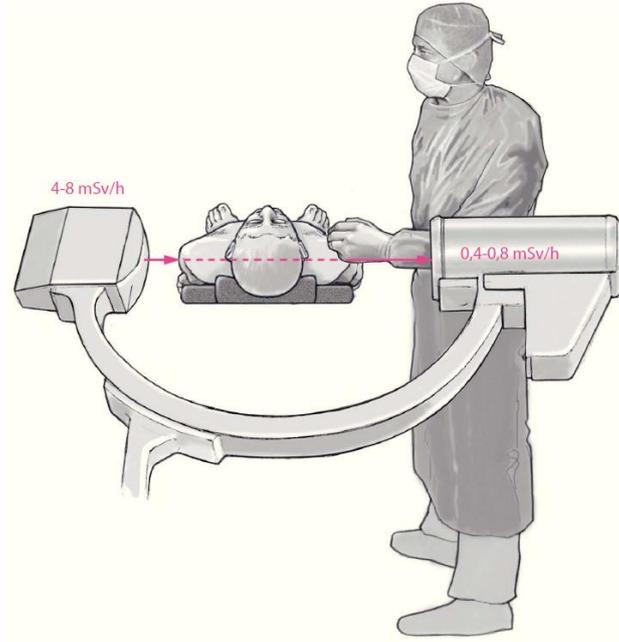


Fig. 9.

Y, por último, debemos comentar de nuevo algo que ya se dijo al inicio de este trabajo, que es que la cantidad de radiación disminuye al ser mayor es la distancia desde el generador de rayos X (Fig. 10). Este principio se cumple según la ley del cuadrado de la distancia: la radiación disminuye en una proporción que supone el cuadrado de la distancia desde el tubo generador de radiación. Debido a ello, todo el personal que esté en el quirófano debe situarse lo más alejado posible del amplificador de imágenes siendo ideal salir incluso del quirófano durante el disparo⁷.

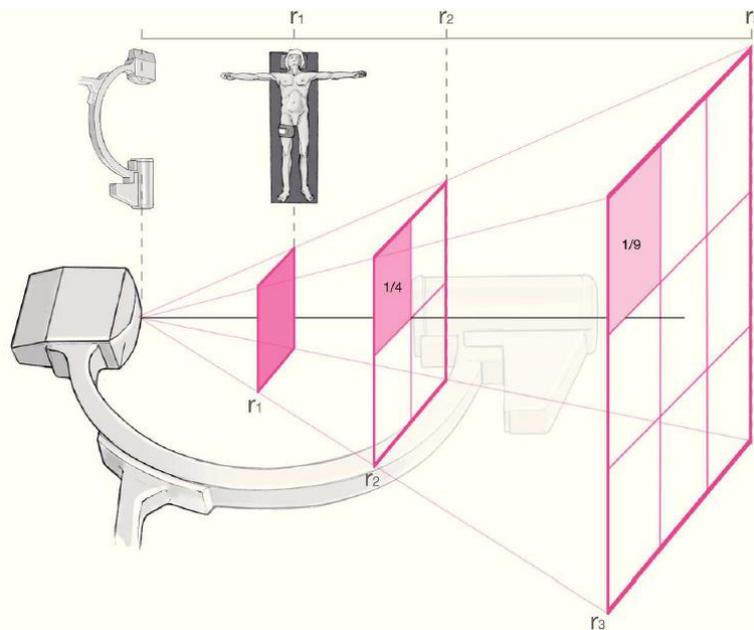


Fig. 10.

1.2.4. Riesgos para los pacientes

Existe evidencia limitada sobre el riesgo relativo para los pacientes en cuanto a la radiación. Los estudios clásicos sobre el efecto de la radioexposición se basaron en estudios de sobrevivientes de bombardeos atómicos en la Segunda Guerra Mundial en Japón^{14,15}.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) sugiere que el riesgo de cáncer mortal en una población que recibe una dosis de 1 mSv se considera de 0'005%¹⁶. Aunque es un pequeño riesgo en sí mismo, podría decirse que es superado por los beneficios obtenidos por las imágenes médicas⁹.

Factores del paciente

La edad y el género son factores de riesgo no modificables para los pacientes. Los riesgos de radiación para el niño en desarrollo son significativamente más altos, debido al aumento de la radiosensibilidad, al aumento de las dosis absorbidas por los órganos por sus dimensiones corporales reducidas, y a una mayor esperanza de vida en años restantes para el riesgo de desarrollar cáncer⁹.

El índice de masa corporal (IMC) del paciente también puede provocar un aumento de las dosis de radiación. Los pacientes con un IMC alto reciben importantes dosis de radiación, ya que se requiere una mayor penetración de rayos X para producir imágenes aceptables que, en consecuencia, aumentan la dosis de radiación⁹.

Factores quirúrgicos

El procedimiento realizado para una condición dada también puede reducir la cantidad de radiación a los pacientes. Esto reduce potencialmente la exposición a la radiación del paciente, así como del personal sanitario⁹.

La experiencia del traumatólogo es otro factor que contribuye. Existen estudios que han demostrado dosis de radiación más altas estadísticamente significativas durante las operaciones realizadas por médicos residentes en comparación con los facultativos adjuntos⁹.

1.2.5. Riesgos para el personal expuesto

El personal sanitario puede estar expuesto a la radiación de tres maneras diferentes: haz directo, fuga de un tubo de radiación y dispersión. La principal fuente de radioexposición en el quirófano es la dispersión, y ocurre después de que los rayos X se reflejan en el receptor. Si bien la exposición de cada radiografía es mucho menor que la exposición directa al haz, el riesgo puede acumularse durante muchos años a través de efectos estocásticos⁹.

Exposición de la mano

Las manos normalmente son las que reciben mayor exposición, pero afortunadamente son mucho menos radiosensibles que otros órganos, y rara vez su exposición se traduce en una implicación clínica para el personal expuesto. La CIPR recomienda un límite de dosis para las extremidades es de 500 mSv/año⁹.

Exposición del tiroides

El tiroides es una de las glándulas más radiosensibles del cuerpo. El límite de dosis recomendado por la CIPR para la tiroides 300 mSv/año. Con el uso de la protección de plomo, solo se alcanzaría el 0'2% de la dosis recomendada¹⁷. A pesar de estas dosis relativamente bajas de exposición, se ha demostrado que los protectores tiroideos reducen la exposición hasta en un factor de 13¹⁸.

Exposición de los ojos

Los ojos son particularmente radiosensibles, y el potencial de opacidad del cristalino y formación de cataratas está bien documentado^{19,20}. La CIPR ha actualizado las dosis límite, pero aún existe la posibilidad de una mayor reducción de este umbral a medida que se aprende más sobre los efectos de la exposición a la radiación en la vista⁹.

En el estudio de Burns et al²¹ (2013) se evaluó la radioexposición de los ojos con y sin gafas con plomo. Se obtuvo una reducción del riesgo de 10 veces con el uso de gafas plomadas.

1.3. Protección radiológica

Las medidas básicas de protección radiológica consisten en limitar el tiempo de exposición a la radiación, llevar blindajes plomados de uso individual, y mantener una distancia de seguridad con respecto a la fuente productora de radiación²².

Las normas generales de protección contra la radiación se encuentran recogidas en el RD 783/2001, de 6 de julio, y son las descritas a continuación²³:

- Límites de dosis. Los valores vigentes en España se recogen en el RD 783/2001.
- Formación. El trabajador profesionalmente expuesto (TPE) y todas aquellas personas que puedan estarlo, deben haber sido instruidos en materia de protección radiológica a un nivel adecuado a su responsabilidad laboral y al riesgo de radioexposición.
- Clasificación y delimitación de las zonas. El espacio donde existan generadores de radiaciones X debe estar perfectamente delimitado y señalizado y separado del resto de las áreas de trabajo (*ver apartado. 1.3.4. Clasificación y señalización de las zonas de trabajo*).
- Clasificación de los trabajadores expuestos. Los profesionales se consideran expuestos cuando puedan recibir dosis superiores a 1 mSv/año. Se pueden clasificar en dos categorías: A y B (*v. 1.3.5. Clasificación de los trabajadores*).
- Vigilancia del ambiente de trabajo. Debe realizarse en toda la instalación. Comprende la medición de las tasas de dosis externa, así como las concentraciones en el aire y la contaminación superficial.
- Vigilancia sanitaria. Es obligatoria para todos los TPE de categoría A y en las zonas controladas. Se llevará a cabo por entidades expresamente autorizadas y supervisadas por el CSN. Se deben registrar y conservar las dosis recibidas durante la vida laboral de los TPE²².

1.3.1. Principios generales

El objetivo principal de la radioprotección es conseguir los efectos beneficiosos diagnóstico-terapéuticos del uso de las radiaciones ionizantes, asegurando al mismo tiempo una correcta protección frente a las mismas, tanto para el TPE como para el paciente. En consecuencia, es necesario establecer unas normas de uso de rayos X que limiten la aparición de efectos biológicos indeseables².

En concordancia con esto, la CIPR propuso los Principios del Sistema de Protección Radiológica²:

- Justificación. Sólo se adoptarán prácticas que supongan la exposición a radiaciones ionizantes que lleven consigo un beneficio para el paciente mayor que los posibles efectos adversos derivados de su uso. La legislación española obliga a justificar todas las exposiciones médicas².
- Optimización. Se optimizará al máximo las medidas de protección radiológica de aquellas personas expuestas tanto de manera poblacional como de manera ocupacional para que la probabilidad de la exposición y el número de personas expuestas sean lo más bajos que sea razonablemente posible. La optimización de la protección de personas sometidas a exposiciones médicas será coherente con la finalidad médica de la exposición².

1.3.2. Límites de dosis

Los límites de dosis son los valores que nunca deben ser sobrepasados por las personas expuestas a radiaciones ionizantes. Esto se consigue aplicando adecuadamente los principios de optimización y de justificación anteriormente explicados⁴. La mayoría de los países disponen de límites anuales de dosis y en España están recogidos en el RD 53/1992, de 24 de enero²⁴. Los límites de dosis diferencian entre TPE y público en general, además de ciertos casos especiales y operaciones especiales planificadas (Tabla 1)⁴.

Tabla 1. Límites anuales de dosis. Elaboración propia⁴.

		mSv
Exposición total y homogénea	Personas profesionalmente expuestas	
	Todo el organismo	50 mSv/año
	Estudiantes entre 16 y 18 años	15 mSv/año
	Personas profesionalmente no expuestas	
	Todo el organismo	5 mSv/año
Exposición total no homogénea o exposición parcial del organismo	Personas profesionalmente expuestas	
	Todo el organismo	50 mSv/año
	Cristalino	150 mSv/año
	Piel	500 mSv/año
	Extremidades	500 mSv/año
	Otros órganos o tejidos	500 mSv/año
	Personas profesionalmente no expuestas	
	Cristalino	15 mSv/año
	Piel	50 mSv/año
	Extremidades	50 mSv/año
Otros órganos o tejidos	50 mSv/año	
Límites especiales	Mujeres en condición de procrear	13 mSv/trimestre (abdomen)
	Mujeres gestantes	10 mSv/embarazo (feto)

Si bien es cierto que no existen límites de dosis para los pacientes, se han reglamentado niveles de referencia para el radiodiagnóstico y niveles de actividad radiactiva para administrar en los exámenes de Medicina Nuclear¹.

Los organismos internacionales de protección radiosanitaria recomiendan que, en el personal expuesto a la radiación, la dosis equivalente acumulada en 5 años consecutivos no podrá exceder de 100 mSv²⁵.

1.3.3. Normas de protección radiológica

Podemos considerar las recomendaciones descritas a continuación de manera resumida:

- Cuando existe riesgo de irradiación. En este caso no hay un contacto directo con la fuente, y las medidas de protección son:
 - Limitar el tiempo de exposición. Es importante recordar que la dosis de radiación recibida es proporcional al tiempo que dura la exposición. Es por esto que un adecuado conocimiento de la intervención a realizar y una planificación a seguir en su realización, ayuda a llevarla a cabo de manera efectiva y rápida, reduciendo el tiempo de exposición a la fuente de radiación.
 - Blindaje. Tanto estructural como personal (equipos de protección individual -EPI-). Estas medidas permiten una reducción significativa de la dosis recibida. Los EPI están regulados por el Reglamento (UE) 2016/425²⁶ del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo, relativo a los equipos de protección individual⁵. Son equipos de trabajo diseñados para el trabajador para protegerse contra los riesgos para su salud o seguridad^{5,26}. Los EPI son:
 - Delantales plomados. Deberán tener una protección equivalente al menos a 0'25 mm de plomo si el equipo de rayos X opera hasta 100 kV y a 0'35 mm si opera por encima de 100 kV.
 - Se deben usar **gafas plomadas** para proteger el cristalino, **protector de tiroides**, y **guantes plomados** cuando deba usar las manos en una zona próxima al haz de radiación
 - Aumentar la distancia a la fuente. Recordemos que la dosis de radiación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la fuente², por lo que simplemente aumentando al doble la distancia, la dosis de radiación se reduce a la cuarta parte⁴.

- Cuando existe riesgo de contaminación externa. En estos casos, se ha de evitar el contacto directo con la fuente radioactiva, así como evitar su dispersión. Para ello se debe hacer una adecuada manufacturación y eliminación de los materiales contaminantes radiactivos².

1.3.4. Clasificación y señalización de las zonas de trabajo

Los lugares de trabajo se clasifican en función del riesgo de exposición y teniendo en cuenta la probabilidad y la magnitud de las exposiciones potenciales²:

Zona vigilada. Es una zona con baja intensidad de radiación. Es fácil que se superen los 5 mSv de exposición, pero sin llegar a 15 mSv. Su acceso debe estar limitado a las personas autorizadas al efecto. No es necesario el uso de dosímetro, porque se puede suplir por dosimetría de área. Su símbolo es un trébol gris/azulado sobre fondo blanco (Fig. 11).



Fig. 4. Señalización de las zonas vigiladas. Elaboración propia.

Zona controlada. Es una zona con intensidad de radiación media, es decir, sin llegar al límite de exposición máxima. En ella se pueden superar los 15 mSv de radiación. Su acceso queda restringido a los profesionales encargados de operar el equipo de radiaciones ionizantes. Es necesario utilizar dosímetro. Se señala con un trébol verde sobre fondo blanco (Fig. 12).



Fig. 5. Señalización de las zonas controladas. Elaboración propia.

Zona de permanencia limitada. Esta es una zona con alta intensidad de radiación, de forma que, si una persona permaneciese en ella durante más tiempo del debido, podría recibir una dosis superior al límite anual de dosis (50 mSv). Por eso se debe limitar el tiempo de estancia en dicha zona. Símbolo: trébol amarillo sobre fondo blanco (Fig. 13).



Fig. 6. Señalización de las zonas de permanencia limitada. Elaboración propia.

Zona de permanencia reglada. Igual que en la anterior, se debe limitar el tiempo de permanencia en esta zona. Hay riesgo de recibir dosis superiores a los anuales (50 msV) en periodos cortos de tiempo (Fig. 14).



Fig. 7. Señalización de las zonas de permanencia reglamentaria. Elaboración propia.

Zona de acceso prohibido. Esta es la zona de mayor riesgo de radiación. En ella se pueden superar los límites anuales en una dosis única. Símbolo: trébol rojo sobre fondo blanco (Fig. 15)². No se pueden realizar tareas terapéutico diagnósticas en ella debido al extremo riesgo de radiación.



Fig. 8. Señalización de las zonas de acceso prohibido. Elaboración propia.

Si en cualquiera de las zonas citadas existiera solamente riesgo de exposición externa, el trébol irá bordeado de puntas radiales. Si el riesgo fuera solamente de contaminación, el trébol estará sobre un campo punteado. Si se presentaran conjuntamente los dos tipos de riesgo, el trébol irá bordeado de puntas radiales sobre un campo punteado⁴.

Todos los trabajadores deben ser capaces de reconocer las áreas restringidas³.

1.3.5. Clasificación de los trabajadores

De acuerdo con el reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes (RD 783/2001²³), el personal que trabaja en instalaciones con riesgo radiológico se clasifica en:

- Trabajadores expuestos. Son aquellos trabajadores que están sometidos a una dosis de radiación ionizante que puede superar alguno de los límites de dosis para miembros del público¹. Se dividen en dos categorías:
 - Categoría A. Los que pueden recibir una dosis efectiva superior a 6 mSv/año o una dosis equivalente superior a 15 mSv/año para el cristalino o a 150 mSv/año para la piel y las extremidades. En esta categoría entra el personal de quirófano radioexpuesto, por lo que es obligatorio el uso de dosímetro individual.
 - Categoría B. Aquellos TPE que no sean clasificados como trabajadores de la categoría A. Es decir, no necesitan obligatoriamente utilizar dosímetros individuales, siempre y cuando se garantice que su exposición puede evaluarse mediante vigilancia de niveles de radiación (dosimetría de área)².
- Trabajadores no expuestos. Son aquellos trabajadores en los que es muy improbable que puedan recibir dosis superiores a los límites. Éstos, al tener la consideración de público, no necesitan ningún tipo de control dosimétrico².

1.3.6. Medidas de protección radiológica

Trabajadores

Como parte de un entorno de trabajo seguro con radiaciones ionizantes, es necesario que los TPE reciban la información y la formación necesaria sobre los riesgos de la exposición a este tipo de ondas electromagnéticas²⁷. Irá encaminada a conocer:

- El concepto de “valor límite de exposición” y cuáles son dichos valores, así como los potenciales riesgos para la salud que implica el superarlos.

- Los informes en los que se recogen los resultados de las evaluaciones de riesgo de sus puestos de trabajo, así como las medidas preventivas que deben aplicarse.
- Las situaciones y los derechos para una vigilancia de la salud.
- Forma de detección precoz de los efectos adversos de la exposición laboral a radiación ionizante.

Minimizar los riesgos de la radiación

Hay varias formas en que pueden ayudar a mitigar el riesgo de radiación ionizante en el quirófano. En esta sección, analizamos los más importantes⁹.

Aumentar la distancia a la fuente de radiación

Los haces de radiación están calibrados para proyectar radiación sobre un receptor. Aunque la radiación estará contenida en gran parte dentro del haz, todavía hay algo de exposición. En un estudio²⁹ se descubrió que la dispersión era aproximadamente el 1'5% de la exposición total cuando se encontraba a una distancia de 2'5 cm del haz. Por tanto, cuanto más lejos puedan alejarse del haz, menor será la cantidad de radiación a la que estarán expuestos⁹.

Dado que la dosis de radiación depende de la relación del cuadrado inverso, es fundamental mantener una distancia segura del haz de radiación. Algunos estudios³⁰ han demostrado que aquellos que trabajan a 1 m. del haz reciben una cantidad extremadamente baja de radiación, y que el uso rutinario de delantales de plomo fuera de los 2 m. puede ser innecesario³¹. Sin embargo, ya que la fuente puede moverse durante el procedimiento y se desconocen los efectos acumulativos de la radiación de dosis baja, se recomienda que todas las personas en el quirófano tomen precauciones adicionales⁹.

Posicionamiento del intensificador de imágenes

Gran parte de la exposición proviene de la dispersión, y se produce principalmente como dispersión de radiación del intensificador de imágenes. Al colocarse detrás del intensificador de imágenes se puede reducir la exposición de la dispersión⁹.

La Fig. 16 muestra dos formas en las que se puede colocar el arco en C: con la posición A, que aumenta la exposición a la radiación en la cabeza y el cuello; en comparación con la posición B. Las guías internacionales³² recomiendan posicionar el tubo de rayos X debajo del paciente, ya que esto reduce la radiación dispersa hasta en un 45%⁹.

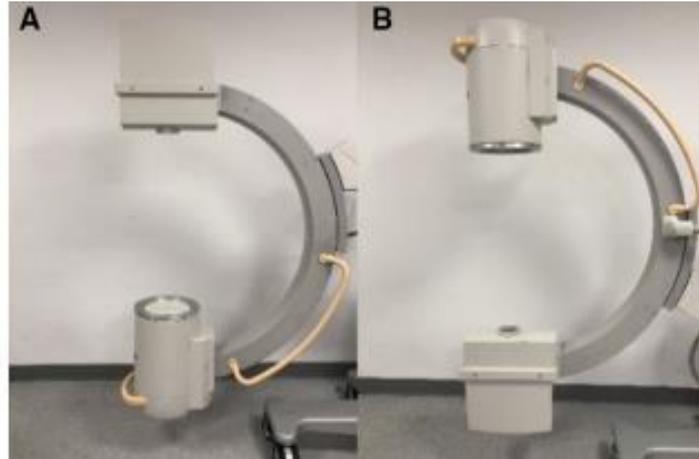


Fig. 9. Muestra de las dos posibles posiciones del arco en C⁹.

También es una buena práctica centralizar la parte del cuerpo prevista para el haz de rayos X y eliminar cualquier exceso de instrumentos o herramientas de metal del campo para reducir aún más la cantidad de dispersión de radiación⁹.

Blindaje

El blindaje de plomo en el quirófano incluye: delantales de plomo, protectores de tiroides, gafas y guantes protectores. Múltiples estudios han demostrado la eficacia de los delantales de plomo en diversas cirugías ortopédicas; incluidas las de manos³³, columna³⁴ y procedimientos de cadera³⁵. Se estima que un delantal de plomo reduce la dosis hasta en un 90-94%⁹.

Dado que el tiroides es una glándula especialmente radiosensible, el blindaje con plomo reduce la exposición en un 80-90%. También se ha demostrado que los guantes de plomo son beneficiosos para los procedimientos en los que las manos pueden estar expuestas al haz directo de rayos X. Tradicionalmente, se pensaba que el riesgo para los ojos de la cirugía ortopédica era bajo. Sin embargo, posteriormente se ha demostrado que las gafas de plomo reducen la radiación al cristalino entre un 13-90% y, por tanto, pueden reducir el riesgo de cataratas inducidas por la radiación⁹.

Tiempo de exposición

El tiempo de exposición a la radiación se refiere al tiempo que el cuerpo está expuesto a la radiación para una dosis dada. Se producirán mayores tiempos de exposición con más imágenes tomadas o mediante el uso de visualización continua. La visualización continua debe minimizarse siempre que sea posible, debido al aumento de la dosis de radiación⁹.

1.3.7. Formación e información

Como hemos indicado anteriormente, los TPE deberán ser informados e instruidos en materia de protección radiológica de una manera adecuada. Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Riesgos de no protegerse frente a las radiaciones ionizantes y sus consecuentes efectos biológicos nocivos.
- Normas generales de protección. Precauciones a tomar durante una jornada de trabajo normal y en caso de que ocurra un accidente.
- Normas específicas, medios y métodos de trabajo para su protección en las operaciones a efectuar.
- Conocimiento y utilización de los instrumentos de detección y medida de radiaciones y de los equipos y medios de protección personal.
- Necesidad de someterse a reconocimientos médicos periódicos.
- Cómo actuar en caso de emergencia.
- Importancia del cumplimiento de las medidas técnicas y médicas.
- Responsabilidades derivadas de su puesto de trabajo con respecto a la protección radiológica⁴.
- En el caso de mujeres, es muy importante efectuar rápidamente la declaración embarazo y notificación de lactancia².

Además de lo anterior, se deberá hacer una formación continuada al personal sobre:

- a) Medidas de protección radiológica.
- b) Prácticas de trabajo seguras para reducir al mínimo la radioexposición.
- c) Uso correcto de los diferentes delantales plomados individuales (EPI).
- d) Cómo detectar precozmente los efectos nocivos para la salud secundarios a radioexposición.
- e) Criterios para la vigilancia de la salud³⁶.

1.3.8. Embarazo y lactancia

Las células con mayor número de mitosis son las más propensas a sufrir daños secundarios a la radiación ionizante. El embrión o feto es un ser vivo en formación, con células en constante reproducción, por eso es extremadamente sensible a la radiación. Se considera que el periodo más radiosensible del embrión es entre las 8 y las 15 semanas de gestación³.

Siempre que una trabajadora TPE tenga planificado quedarse embarazada, y siempre que ya lo esté, debe contactar con el Servicio de Prevención de Riesgos Laborales (SPRL) para que se pueda evaluar el riesgo que conlleva que la trabajadora permanezca en su puesto de trabajo. Se deben modificar las condiciones de trabajo siempre que sea necesario³.

Desde el momento en el que se haga la evaluación del SPRL, a la embarazada no se asignará ningún trabajo que conlleve permanencia en zonas de exposición controlada. Se le deberán asignar tareas que queden restringidas a las zonas de radiación vigilada. La TPE embarazada siempre puede continuar desempeñando su actividad tras las paredes blindadas de protección contra la radiación. Así mismo, siempre debe permanecer a más de 2 metros de la fuente de generación de rayos X. Si no se cumplen dichas medidas, la TPE embarazada deberá ser reubicada en su puesto de trabajo²⁷.

Todas las medidas para asegurar la protección de la TPE embarazada se encuentra en el RD 298/2009³⁷, por el que se modifica el RD 39/1997³⁸, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales³⁹ recoge dos artículos:

- Artículo 25. Es obligatorio realizar una evaluación de riesgos para la exposición frente a todos los agentes mutagénicos o tóxicos para la procreación.
- Artículo 26. Se debe incluir la naturaleza, el grado y la duración de la exposición a dichos agentes mutagénicos de las trabajadoras embarazadas o que hayan dado a luz recientemente, así como aquellos procedimientos o condiciones de trabajo que puedan repercutir negativamente en su salud³⁹.

1.4. Vigilancia y control

En todos los hospitales, el Servicio de Protección Radiológica (SPR) debe controlar los niveles de radiación existentes durante el uso de un equipo de Rayos X, así como comprobar el buen funcionamiento de las barreras protectoras blindadas. Para ello se vale de los llamados “detectores de radiación”, que son utensilios para mantener los niveles de radiación lo más bajos posible dentro de unos márgenes adecuados para obtener las imágenes necesarias del paciente³.

1.4.1. Vigilancia dosimétrica

En todas las instalaciones donde se trabaje con radiación, es mandatorio llevar un control de los niveles de radiación tanto ambiental como a nivel individual.

Los dosímetros individuales deben adaptarse a cada tipo de radiación, pero los más utilizados son el de placa fotográfica, el de termoluminiscencia y el de cámara condensadora de lectura directa⁴. Debe colocarse bajo el delantal plomado, ya que así será fiel reflejo de la dosis total recibida por el TPE. El uso y el recambio mensual del dosímetro es responsabilidad individual de cada trabajador, aunque la vigilancia y el control dosimétrico la realice el SPR. Así mismo, tras la lectura del dosímetro en centros especializados y autorizados para ello, el SPR informará al TPE correspondiente si se detecta alguna anomalía².

Como hemos expuesto anteriormente, en las zonas controladas (TPE de categoría A), es obligatorio el uso de dosímetro individual, y se evaluará el nivel de dosis recibida con una periodicidad mensual⁴. Los TPE de categoría B no están obligados al uso de dosímetros personales, siempre y cuando se disponga de dosimetría de área o de zona en los lugares de trabajo⁴.

Durante la vida laboral de los TPE se registran todas las dosis recibidas en un historial dosimétrico individualizado, estando éste disponible para el trabajador en todo momento. Cada historial se guarda un mínimo de 30 años desde el cese de la exposición por parte del TPE⁴

1.4.2. Vigilancia de la salud

La vigilancia y control sanitario de los TPE será realizada por el SPRL, aplicando el Protocolo de Vigilancia Sanitaria Específica: Radiaciones Ionizantes⁴⁰, aprobado por el Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud, cuyo objeto es prevenir y limitar la posible patología producida por radiaciones ionizantes².

Todos los TPE son sometidos a un reconocimiento médico inicial para tener un nivel con el que comparar si enfermara durante su periodo ocupacional manejando radiaciones ionizantes. También se detecta en este examen inicial si presentan afecciones que puedan ser agravadas por el tipo de trabajo. De igual manera, los TPE serán sometidos a exámenes de salud periódicos para comprobar que la radiación no está generando efectos nocivos y que siguen teniendo buenas aptitudes para el desempeño del trabajo².



2. Justificación

Como decíamos al principio de este trabajo, la radiación es la transmisión y difusión de energía, ya sea en el vacío o en un medio material, en forma de ondas electromagnéticas. Esta propiedad, puede ser utilizada como un método diagnóstico y como método terapéutico, para dar claridad a la hora de realizar procedimientos invasivos o no invasivos.

Las radiaciones ionizantes no son inocuas, tienen efectos dañinos, asociados a altos índices de afecciones neoplásicas y no neoplásicas. El daño que causa la radiación depende de la cantidad de radiación que se reciba y los órganos y tejidos que la reciban.

Suele ocurrir, que, con el uso reiterado de las radiaciones ionizantes, las personas que trabajan con ellas se relajan en el uso de protección ya que se convierte en una actividad cotidiana y no ven efectos nocivos a corto plazo. Es por eso que todos estos TPE, en el caso de este trabajo, los sanitarios del quirófano de Traumatología pertenecen al grupo poblacional de alto riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes.

Como estamos comentando a lo largo del presente estudio, las alteraciones para la salud que pueden ocurrir son bastante serias, de ahí la alta reglamentación existente sobre la protección y la vigilancia de la salud de los trabajadores.

Por tanto, dada su potencial peligrosidad, se hace necesario el establecimiento de medidas, que garanticen la protección de los trabajadores expuestos y de los pacientes contra los riesgos resultantes de la exposición a las mismas.

Sin embargo, y por curioso que parezca, el nivel de conocimiento acerca del funcionamiento de los fluoroscopios, de las medidas de radioprotección, y del uso de dosímetros y blindaje adecuado, presentan carencias importantes en este grupo de profesionales. En el personal quirúrgico expuesto a radiaciones ionizantes, las medidas de prevención son la mejor forma de protección. Una vigilancia epidemiológica adecuada, dosimetrías personales, exámenes periódicos y seguimiento del trabajador son primordiales para conseguirlo.



3. Objetivos

3.1. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es realizar un análisis de los riesgos de radiaciones ionizantes en un quirófano de Cirugía Ortopédica y Traumatología en una muestra de profesionales de la salud del Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca de Murcia.

3.2. Objetivos específicos

1. Analizar si existen diferencias dependiendo de los factores sociodemográficos estudiados. Averiguar los conocimientos que presenta el personal sanitario en lo referente a las radiaciones ionizantes y la prevención de las mismas.
2. Valorar el establecimiento las bases para desarrollar herramientas para disminuir los riesgos por la exposición a radiación ionizante en el quirófano.



4. Material y métodos

Este trabajo ha sido realizado en uno de los quirófanos de Cirugía Ortopédica y Traumatología del Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca de Murcia, durante un periodo de 1 semana.

Para la recolección de la información se creó una encuesta sociodemográfica y laboral que consta de 6 apartados (ANEXO I). Asimismo, se realizó una encuesta de conocimiento sobre radiaciones ionizantes y sobre impresiones personales sobre radioprotección en el quirófano, compuesta por 18 ítems (ANEXO II). Estos cuestionarios se realizaron previa información del estudio y obtención del consentimiento informado para participar en el mismo (ANEXO III). Cabe destacar que el cuestionario ha sido adaptado de Cárdenas Martínez et al. (2021)⁴².

4.1. Ámbito del estudio

4.1.1. Tamaño de la población a estudio

La población de referencia la conforma un total de 56 sanitarios que estuvieron trabajando en el quirófano de Cirugía Ortopédica y Traumatología (Fig. 17).

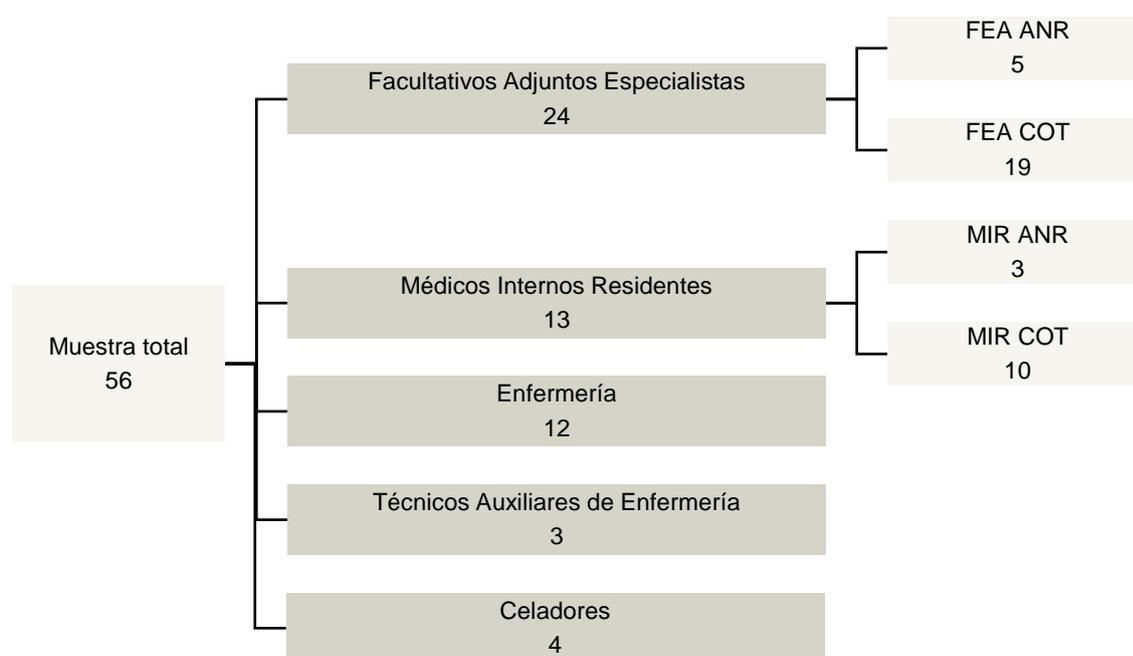


Fig. 10. Muestra a estudio estratificada por categoría profesional. Elaboración propia.

4.1.2. Criterios de inclusión y de exclusión

Los criterios de inclusión y de exclusión se detallan a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Criterios de inclusión y de exclusión en el estudio. Elaboración propia.

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Personal potencialmente expuesto a radiaciones ionizantes	Personal que no esté nada expuesto a radiaciones ionizantes
Personal de quirófano cualificado	Estudiantes de Enfermería, Medicina, etc.
	Rechazo explícito a participar en el estudio
	Embarazo o posibilidad del mismo

4.2. Variables

Las variables estudiadas fueron de tipo cualitativas (a-c y 1-18; v. ANEXOS I y II) excepto: d) y e), que fueron cuantitativas para extraer la media y, a su vez, cualitativas mediante una franja temporal (horas en el caso de la variable d) y años en el de la variable e)).

4.2.1. Análisis de las variables

Para la elaboración de este estudio, se ha realizado un estudio observacional de tipo transversal. La información obtenida se ha introducido en una base de datos para su posterior análisis estadístico, utilizando el programa IBM® SPSS® Statistics versión 25, con el que además se elaboraron algunos de los gráficos incluidos. Se ha obtenido una distribución de frecuencias de todas las variables, y las variables cuantitativas se han resumido con media y desviación estándar (DE). La relación entre variables cualitativas y la comparación de porcentajes se ha realizado mediante un análisis de tablas de contingencia con la prueba χ^2 de Pearson y el subsiguiente análisis de residuos. Como significancia estadística, se estableció un índice de confianza del 95%, y se consideraron valores de $p < 0,05$.

4.3. Búsqueda bibliográfica

Además de lo anterior, se ha efectuado una búsqueda bibliográfica de literatura científica sobre este tema. La información obtenida se extrajo de diversos artículos, revistas científicas, libros, monográficos y páginas web. Se incluyeron un total de 49 referencias bibliográficas que fueron consideradas válidas.

4.3. Resultados esperados

Mediante este trabajo se espera generar estrategias que contribuyan a disminuir el impacto de las radiaciones en el quirófano, a través de la creación de una conciencia acerca de la importancia de protegerse de las radiaciones ionizantes; así como fomentar el conocimiento sobre medidas de radioprotección.

4.4. Confidencialidad de los datos y memoria económica

Toda la información referente a la identidad de los profesionales sanitarios será considerada confidencial, por lo que los datos obtenidos serán de carácter anónimo. La base de datos que genere el estudio no contendrá identificación alguna, asignando un código numérico a cada participante. Para ello, se seguirá la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal (v. ANEXO III).

La participación de la investigadora en este estudio no interferirá en ningún caso con las labores asistenciales. Este estudio no supondrá ningún gasto extra al hospital, y los encuestados no recibirán ninguna compensación económica por ser incluidos en el mismo.



5. Resultados y discusión

5.1. Resultados

Los cuestionarios fueron respondidos por un total de 56 profesionales de una muestra del personal de quirófano de Cirugía Ortopédica y Traumatología.

5.1.1. Cuestionario sociodemográfico y laboral

En cuanto a la edad, un 35'7% de los encuestados tiene "entre 30 y 40 años", seguido del grupo de edad de "menos de 30 años" con un 32'1%, y dejando a las demás franjas etarias por debajo del 20% cada una (Fig. 18). En lo referente al género de los 56 trabajadores, el 53'6% es hombre y el 46'4% mujer (Fig. 19).

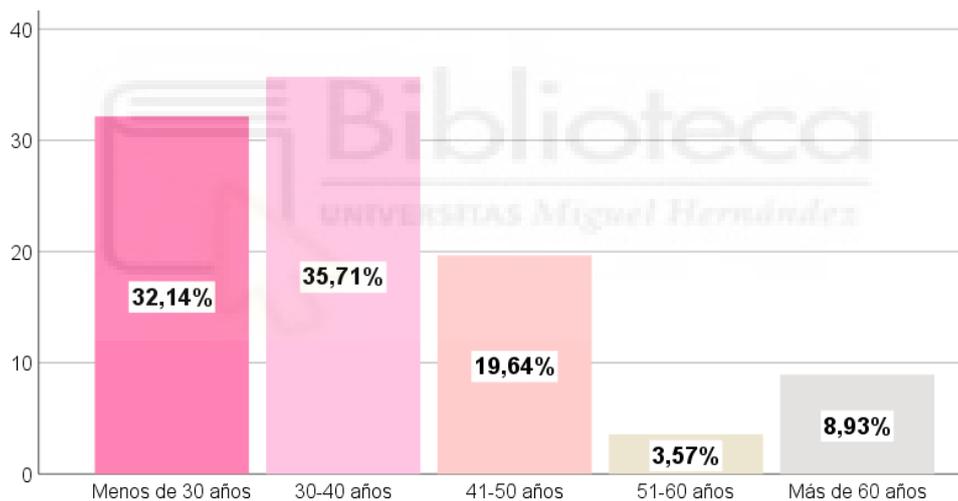


Fig. 18. Variable "Edad". Elaboración propia a través del programa IBM® SPSS® Statistics v.25.

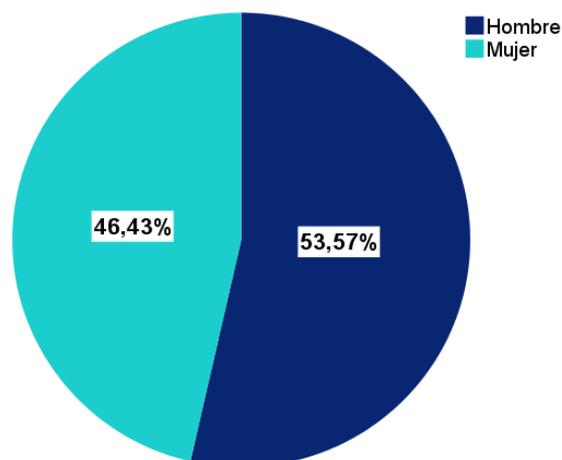


Fig. 19. Variable "Género". Elaboración propia a través del programa IBM® SPSS® Statistics v.25.

Si atendemos a la profesión, de los médicos: el 32'1% son facultativos adjuntos especialistas en COT, el 8'9% son facultativos adjuntos especialistas en ANR, el 19'6% son médicos internos residentes de COT y el 5'4% son médicos internos residentes de ANR. La profesión de enfermería abarca un 21'4% del total de la muestra, y de las categorías profesionales que menos se encuentran en relación con las radiaciones ionizantes de quirófano tenemos: auxiliares de enfermería (5'4%) y celadores (7'1%) (Fig. 20).

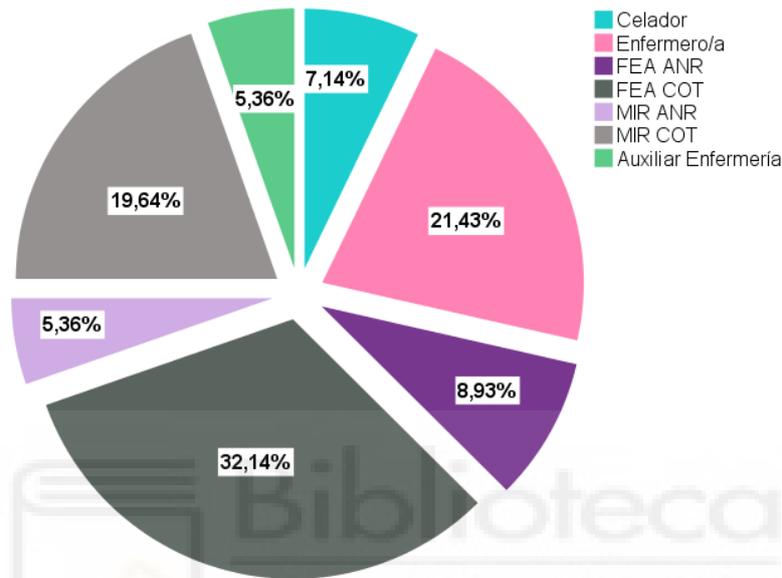


Fig. 20. Variable “Categoría profesional”. Elaboración propia a través del programa IBM® SPSS® Statistics v.25.

En el caso de la variable “Promedio de horas semanales que trabaja en el quirófano de COT” se ha obtenido una media de 19'24 horas (DE 10'149) (Fig. 21); y en el de la variable “Años trabajando con aparatos que emiten radiaciones ionizantes”, una media de 12'8 años (DE 8'97) (Fig. 22).

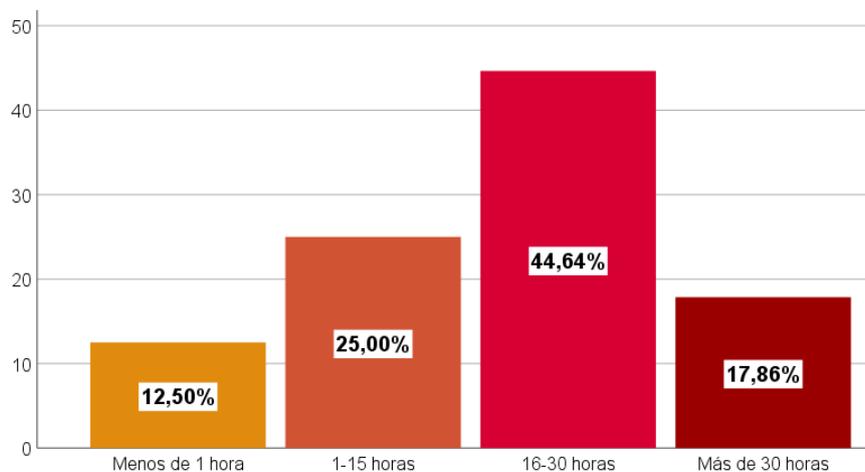


Fig. 111. Variable “Promedio de horas semanales que trabaja en el quirófano de COT”. Elaboración propia a través del programa IBM® SPSS® Statistics v.25.

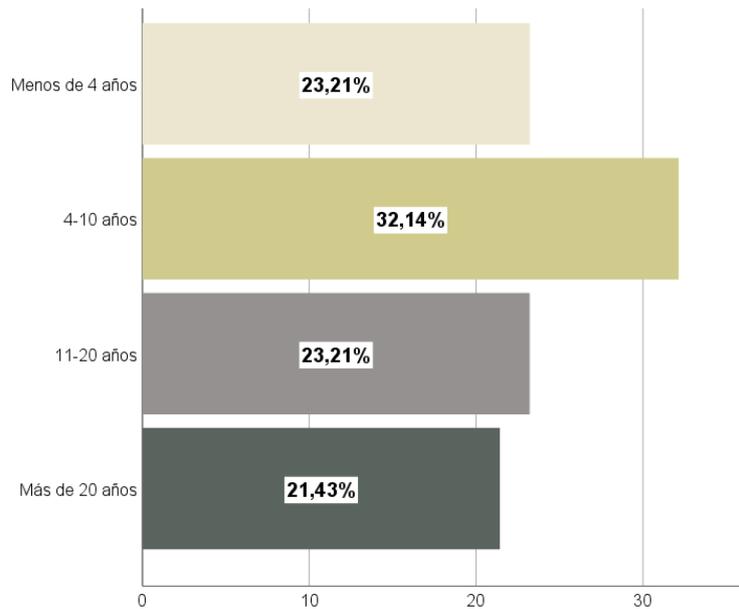


Fig. 22. Variable “Años trabajando con aparatos que emiten radiaciones ionizantes”. Elaboración propia a través del programa IBM® SPSS® Statistics v.25.

5.1.2. Cuestionario de conocimiento e impresión personal sobre radiaciones ionizantes

En cuanto al nivel de conocimiento que los participantes afirmaban o creían tener sobre radioprotección y dosis de radiación, más de la mitad (57'1%) afirmó tener un conocimiento moderado sobre radiaciones ionizantes (Fig. 24).

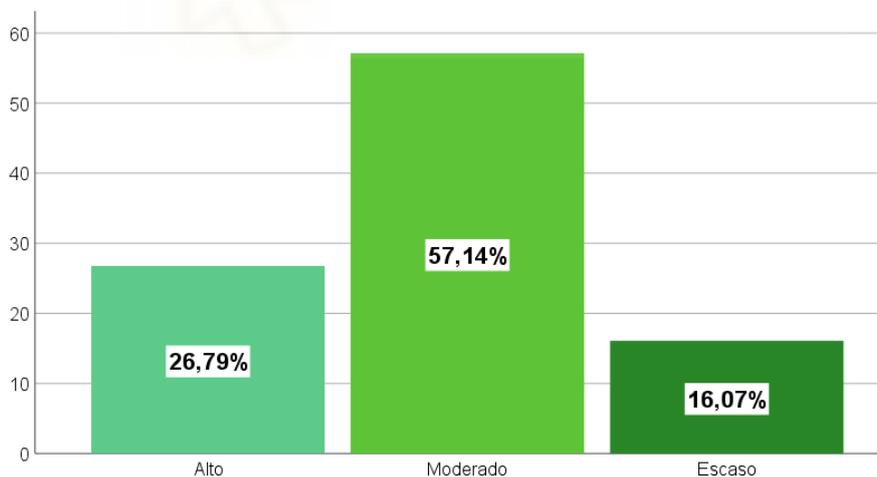


Fig. 24. Variable “Pregunta 1”. Elaboración propia a través del programa IBM® SPSS® Statistics v.25.

Más del 90% de los 56 encuestados consideraba estar completa y correctamente protegido frente a las radiaciones del quirófano. Del total de la muestra, el 83'9% conoce cuáles son los EPI de radioprotección. En cuanto a la pregunta sobre si conocían los límites de dosis de radiaciones ionizantes, el 66'1% de los participantes respondió afirmativamente.

Se halló que más de la mitad de los profesionales ha recibido en alguna ocasión capacitación sobre la radioexposición a imágenes médicas; sin embargo, el 100% ha negado recibir charlas informativas periódicas sobre las mismas. El 94'6% de los profesionales creían que se cumplen los principios para minimizar la radioexposición en el quirófano, mientras que un 5'4% pensaba que no.

Más de la mitad de la muestra (62'5%) negó conocer los códigos de colores de la señalización de los lugares donde hay radiaciones ionizantes.

En lo referente al uso de protección contra la radiación que se recibe en el quirófano, se analizaron únicamente aquellos que más expuestos están (categorías ENF, FEA ANR y COT y MIR ANR y COT). De los 49 participantes que fueron considerados válidos para contestar esta pregunta, el 77'55% los utilizaba muy a menudo, el 16'33% a menudo y el 6'12% raras veces (Fig. 25). No hubo ningún participante que no los usara nunca.

Por otra parte, de los que contestaron N/A a la pregunta 7, el 100% de los profesionales que menos estaban expuestos afirmó no necesitar protección frente a las radiaciones; por encontrarse la mayoría del tiempo fuera del quirófano donde se emitían radiaciones.

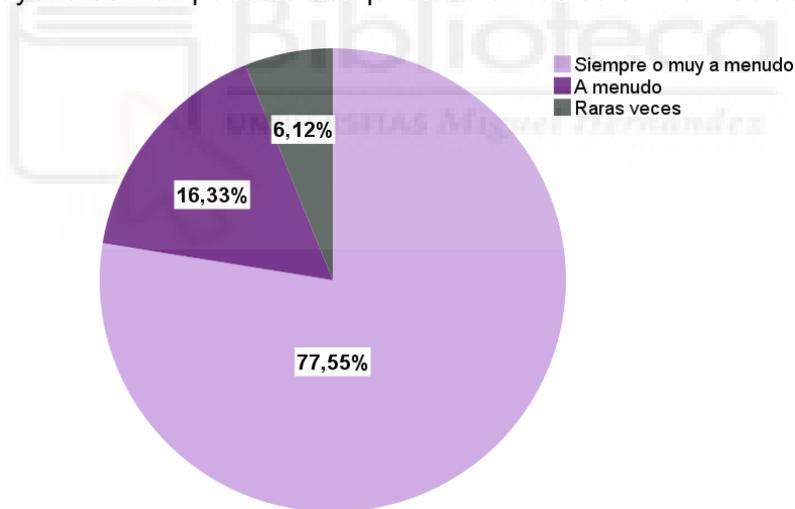


Fig. 25. Variable "Pregunta 8". Elaboración propia a través del programa IBM® SPSS® Statistics v.25.

De los TPE responsables de informar a los pacientes sobre radioexposición en el quirófano (médicos: FEA ANR y COT, y MIR ANR y COT; n = 37), cabe destacar que un 37'8% nunca informaba a los pacientes, mientras que solamente un 8'1% lo hacía siempre (Fig. 26).

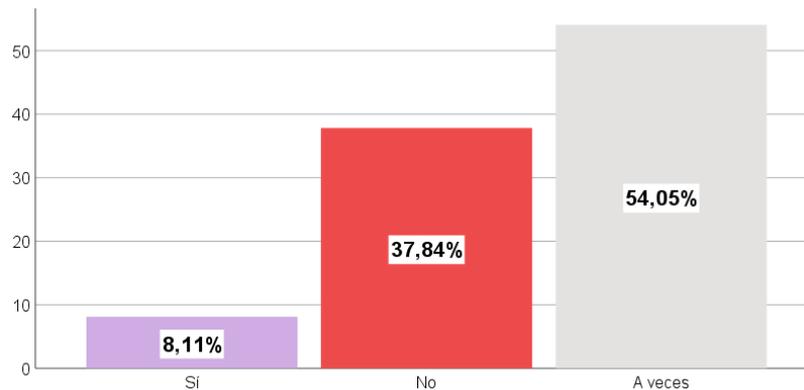


Fig. 26. Variable “Pregunta 14”. Elaboración propia a través del programa IBM® SPSS® Statistics v.25.

En lo relacionado con el uso de dosímetros personales, el 44’64% negó utilizarlos, el 21’4% afirmó utilizarlos y que sí se realizaba controles mensuales; y el 21’4% respondió que sí los utilizaba pero que no se realizaba controles (Fig. 27). Cabe destacar que los encuestados menos expuestos a radiaciones ionizantes (AUX y CEL), respondieron N/A. Asimismo, el 100% de los TPE respondió que no se les realizan reconocimientos médicos periódicos específicos para radiaciones ionizantes según la legislación vigente.

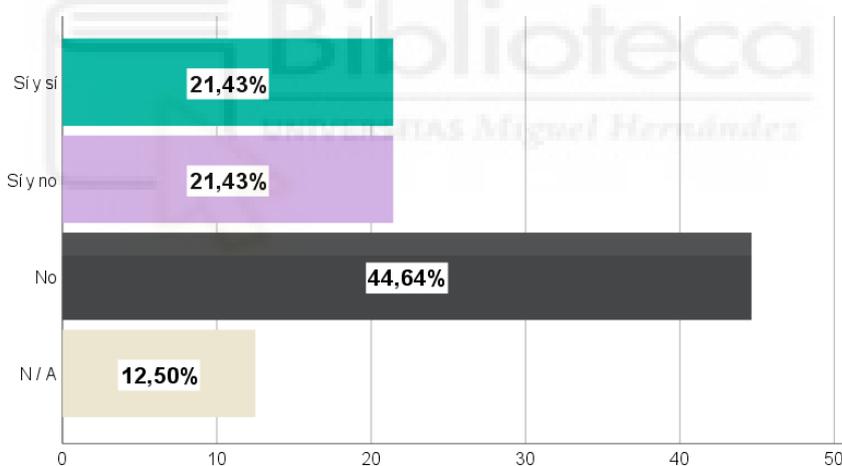


Fig. 27. Variable “Pregunta 16”. Elaboración propia a través del programa IBM® SPSS® Statistics v.25.

Por último, para valorar los conocimientos acerca de radioprotección y dosis de radiación de nuestra muestra de profesionales sanitarios, se tuvieron en cuenta las preguntas 10, 11, 12 y 13 del cuestionario del ANEXO II; sabiendo que cada pregunta respondida de forma correcta se cuenta como 1 acierto (posibilidades: de 0 a 4 aciertos).

Como resultados, se obtuvieron los reflejados en la Fig. 28, con una media de aciertos de 1’68 (DE 1’35) para todas las categorías profesionales.

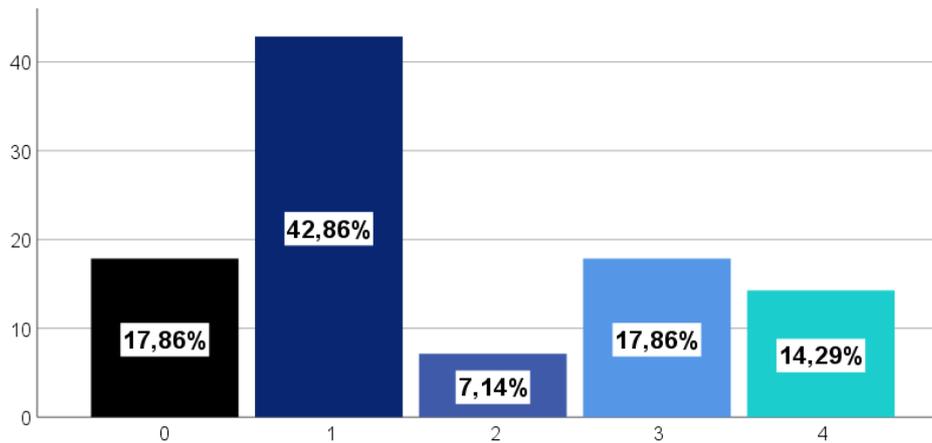


Fig. 28. Variable "Acertos". Elaboración propia a través del programa IBM® SPSS® Statistics v.25.

5.2. Discusión

En esta parte del trabajo se valorarán las asociaciones que se han encontrado entre algunas variables y su comparación con otros estudios. Se consideraron como variables más importantes la categoría profesional, los años de trabajo con aparatos que emiten radiaciones ionizantes, el conocimiento declarado por los participantes, y el número de aciertos; entre otras.

Agrupando por categoría profesional, se obtuvo una asociación estadísticamente significativa con el número de aciertos ($\chi^2 = 59'086$ y $p < 0'05$) (Tabla 3 y Fig. 29). Encontramos entre los que más expuestos están -FEA COT- una media de 3'33 aciertos; y una media de 0'5 y 1 entre los menos radioexpuestos (AUX y CEL). Esto va a favor de la teoría de que los profesionales más expuestos son los que más conciencia tienen sobre las radiaciones en su trabajo.

Tabla 3. Relación entre variables "Categoría profesional" y "Número de aciertos", con media y DE. Elaboración propia.

Pregunta c)		Número de aciertos					Media (DE)
Profesión	n	0	1	2	3	4	
AUX	3	33'3%	33'3%	33'3%			1'00 (1'000)
CEL	4	50%	50%				0'50 (0'577)
ENF	12	33'3%	66'7%				0'67 (0'492)
FEA ANR	5		80%		20%		1'40 (0'894)
FEA COT	18			11'1%	44'4%	44'4%	3'33 (0'686)
MIR ANR	3	33'3%	33'3%	33'3%			1'00 (1'000)
MIR COT	10	18'2%	72'7%		9'1%		1'00 (0'775)

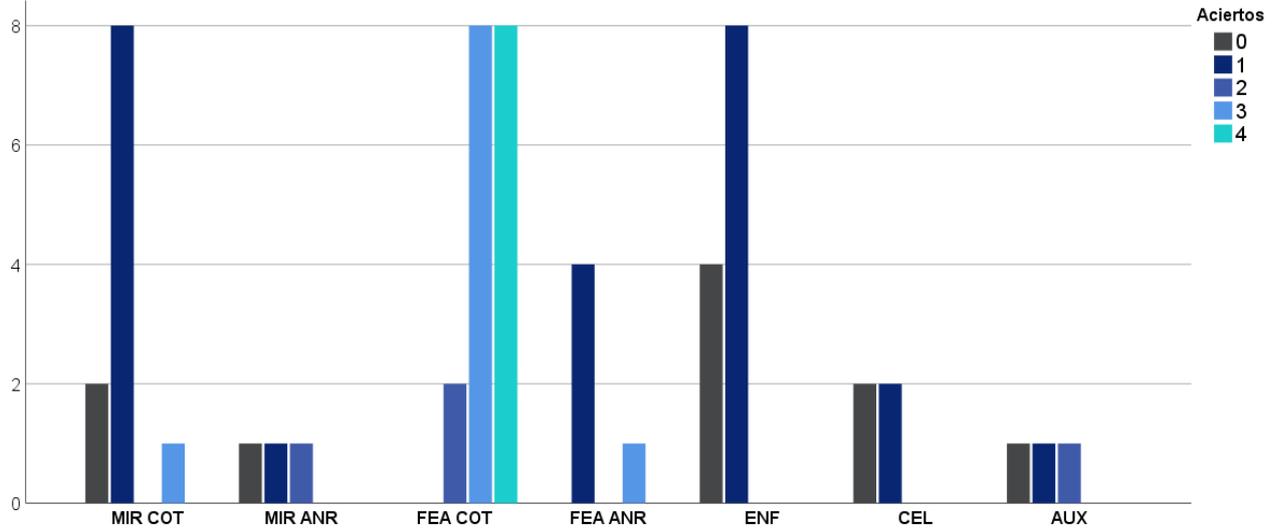


Fig. 29. Relación entre variables "Categoría profesional" y "Número de aciertos". Elaboración propia a través del programa IBM® SPSS® Statistics v.25.

En cuanto a los años trabajando con aparatos que emiten radiaciones ionizantes y el número de aciertos, existe una tendencia estadísticamente significativa ($\chi^2 = 22'819$ y $p = 0'029$) (Tabla 4 y Fig. 30). Los profesionales que más años se han radioexpuesto, tienen una media de 2'58 aciertos; frente a 0'77 aciertos de los que llevan menos de 4 años. Los resultados obtenidos concuerdan con algunos trabajos^{43,44}; sin embargo, en otros estudios^{42,45} encontramos que la experiencia no está relacionada con el conocimiento sobre radiaciones ionizantes.

Tabla 4. Relación entre variables "Años trabajando con aparatos que emiten radiaciones ionizantes" y "Número de aciertos", con media y DE. Elaboración propia.

Pregunta e)		Número de aciertos					Media (DE)
Años trabajando con radiaciones ionizantes	n	0	1	2	3	4	
<4 años	13	30'8%	61'5%	7'7%			0'77 (0'599)
4-10 años	18	27'8%	33'3%	11'1%	27'8%		1'39 (1'195)
11-20 años	13	7'7%	38'5%	7'7%	23'1%	23'1%	2'15 (1'405)
>20 años	12		41'7%	16'7%	41'7%		2'58 (1'443)

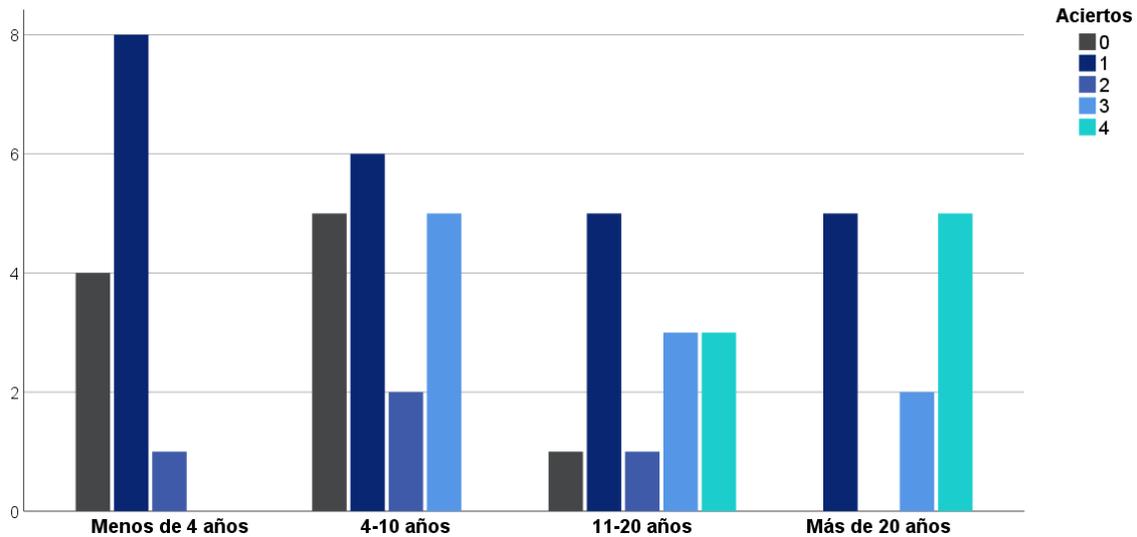


Fig. 120. Relación entre variables “Años trabajando con aparatos que emiten radiaciones ionizantes” y “Número de aciertos”. Elaboración propia a través del programa IBM® SPSS® Statistics v.25.

Si analizamos el nivel de conocimiento declarado por los participantes sobre radiaciones ionizantes y el número de aciertos, se aprecia una asociación estadísticamente significativa (χ^2 22'137 y $p = 0'05$) (Tabla 5 y Fig. 31). Los participantes que declararon tener un nivel de conocimiento alto tuvieron una media de ciertos de 2'87, frente a una media de 0'78 de los que declararon tener un nivel escaso. Esto va en consonancia, ya que los participantes respondieron de forma sincera a las preguntas realizadas. En el estudio de Cárdenas et al. (2021)⁴² se obtuvieron resultados similares.

Tabla 5. Relación entre variables “Pregunta 1” y “Aciertos”, con media y DE. Elaboración propia.

Pregunta 1		Número de aciertos					Media (DE)
Nivel de conocimiento sobre radiaciones ionizantes	n	0	1	2	3	4	
Alto	15	6'7%	6'7%	13'3%	40%	33'3%	2'87 (1'187)
Moderado	32	18'8%	56'3%	3'1%	12'5%	9'4%	1'38 (1'212)
Escaso	9	33'3%	55'6%	11'1%			0'78 (0'667)

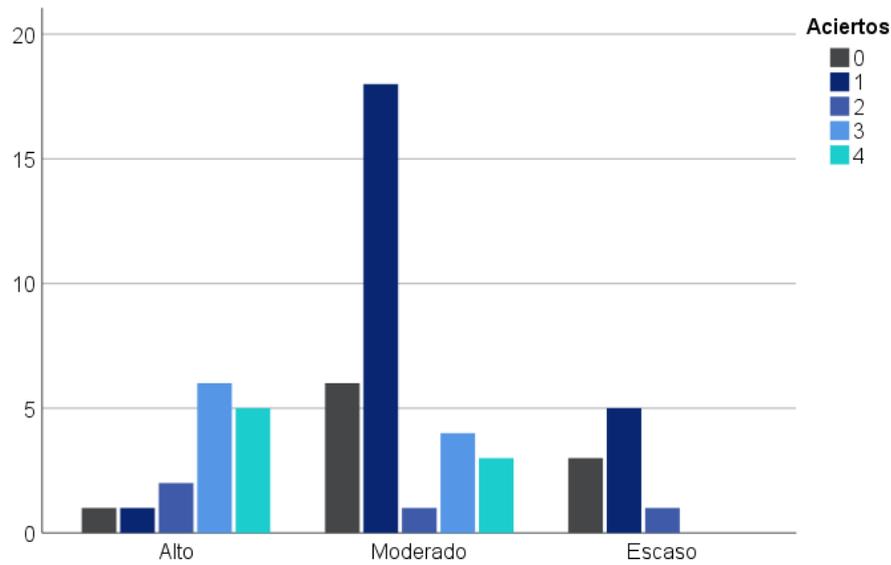


Fig. 31. Relación entre variables "Pregunta 1" y "Número de aciertos". Elaboración propia a través del programa IBM® SPSS® Statistics v.25.

Al valorar la frecuencia con la que utilizan los protectores de radiación y el número de aciertos, se obtiene una predisposición estadísticamente significativa ($\chi^2 = 17'08$ y $p = 0'029$) (Tabla 6 y Fig. 32). Esto puede significar que los profesionales que más conocimientos presentan son los que más concienciados están en lo referente a la radioprotección. Por otra parte, si se examina el número de aciertos con haber recibido o no capacitación sobre la radioexposición, se relaciona de forma significativa ($\chi^2 17'053$ y $p = 0'002$) (Tabla 7 y Fig. 33). Por tanto, podemos afirmar que existe una relación directa entre el conocimiento medido de los profesionales y las medidas de radioprotección que adoptan. Esto se corresponde con algunos artículos⁴⁶⁻⁴⁹, en los cuales se ha confirmado que una mayor capacitación en protección frente a la radiación aumenta el nivel de conocimiento.

Tabla 6. Relación entre variables "Pregunta 8" y "Número de aciertos", con media y DE. Elaboración propia.

Pregunta 8		Número de aciertos					Media (DE)
Frecuencia de uso de los protectores frente a radiaciones ionizantes	n	0	1	2	3	4	
Siempre o muy a menudo	38	5'3%	42'1%	5'3%	26'3%	21'1%	2'16 (1'326)
A menudo	8	37'5%	50%	12'5%			0'75 (0'707)
Raras veces	3	66'7%	33'3%				0'33 (0'577)

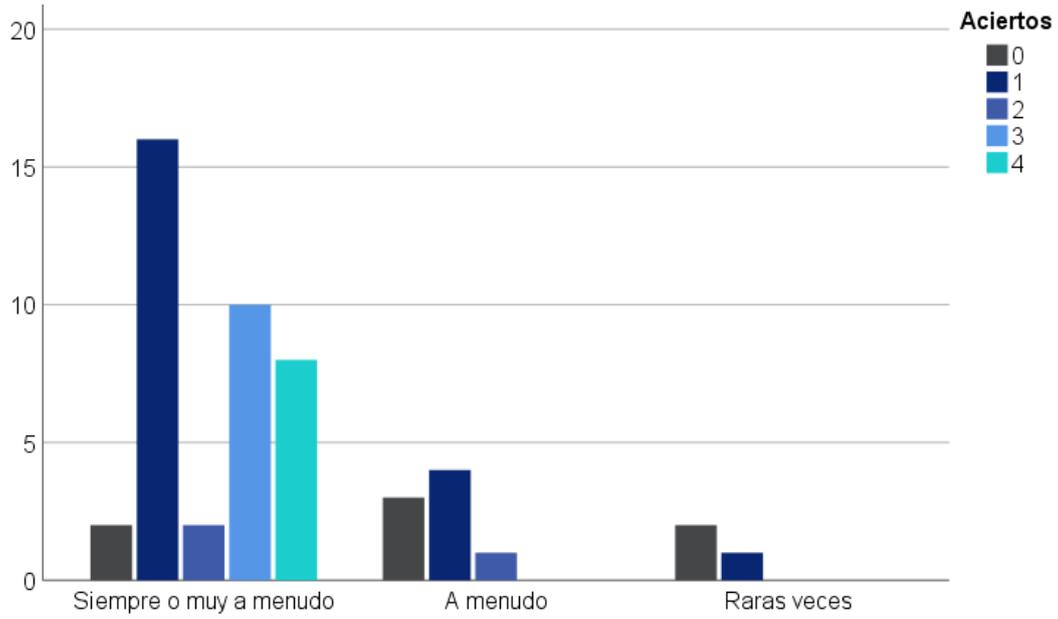


Fig. 13. Relación entre variables “Pregunta 1” y “Número de aciertos”. Elaboración propia a través del programa IBM® SPSS® Statistics v.25.

Tabla 7. Relación entre variables “Pregunta 4” y “Número de aciertos”, con media y DE. Elaboración propia.

Pregunta 4		Número de aciertos					Media (DE)
¿Alguna vez ha recibido capacitación sobre la exposición a la radiación asociada con imágenes médicas?	n	0	1	2	3	4	
Sí	31	9'7%	29%	6'5%	29%	25'8%	2'32 (1'4)
No	25	28%	60%	8%	4%		0'88 (0'726)

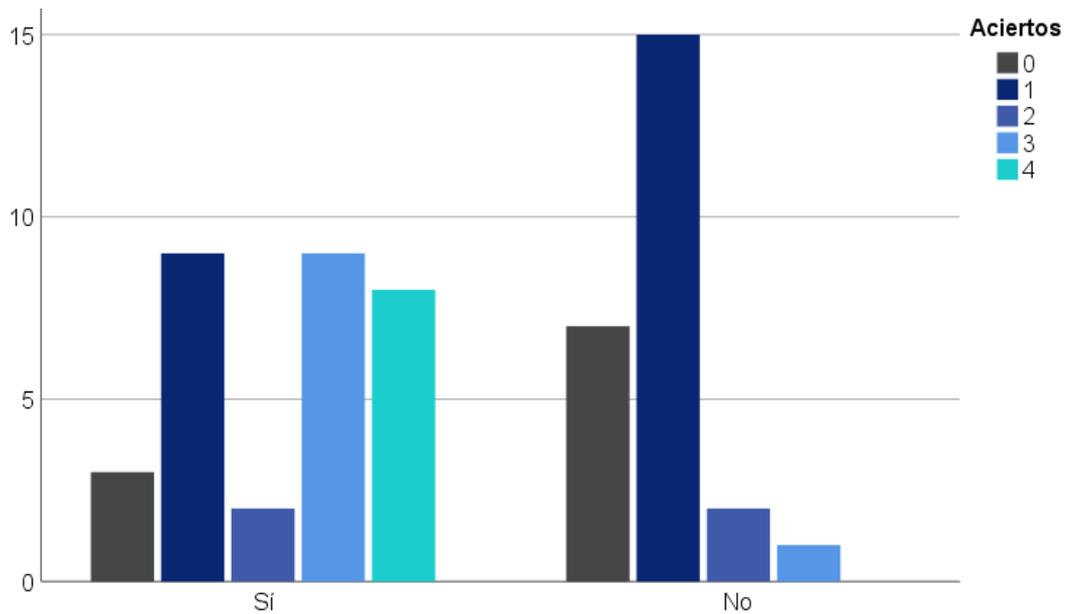


Fig. 33. Relación entre variables “Pregunta 1” y “Número de aciertos”. Elaboración propia a través del programa IBM® SPSS® Statistics v.25.

No se ha obtenido una relación estadísticamente significativa (χ^2 4'236 y $p = 0'375$) (Tabla 8 y Fig. 34) entre los participantes que consideran estar completamente protegidos frente a las radiaciones ionizantes y el número de aciertos.

Tabla 8. Relación entre variables “Pregunta 2” y “Número de aciertos”, con media y DE. Elaboración propia.

Pregunta 2		Número de aciertos					Media (DE)
¿Considera estar completa y correctamente protegido frente a las radiaciones ionizantes del quirófano?	n	0	1	2	3	4	
Sí	52	15'4%	42'3%	7'7%	19'2%	15'4%	1'77 (1'352)
No	4	50%	50%				0'5 (0'577)

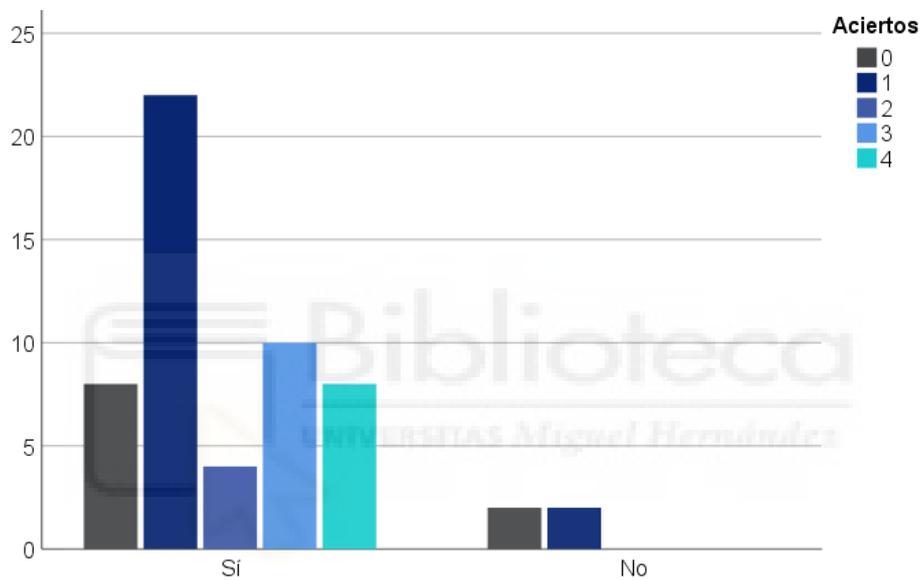


Fig. 34. Relación entre variables “Pregunta 2” y “Número de aciertos”. Elaboración propia a través del programa IBM® SPSS® Statistics v.25

Finalmente, si observamos la frecuencia con la que utilizan los protectores de radiación y la categoría profesional, obtenemos una asociación estadísticamente significativa ($\chi^2 = 16'538$ y $p = 0'035$) (Tabla 9 y Fig. 35). Esto tiene mucho sentido, ya que los profesionales más expuestos son los que en teoría deberían utilizar más a menudo los radioprotectores.

Tabla 9. Relación entre variables “Categoría profesional” y “Pregunta 8”, con media y DE. Elaboración propia.

Pregunta c)		Frecuencia de uso de los protectores frente a radiaciones ionizantes		
Categoría profesional	n	Siempre o muy a menudo	A menudo	Raras veces
ENF	12	41'7%	33'3%	25%
FEA ANR	5	80%	20%	
FEA COT	18	94'4%	5'6%	
MIR ANR	3	66'7%	33'3%	
MIR COT	10	90'9%	9'1%	

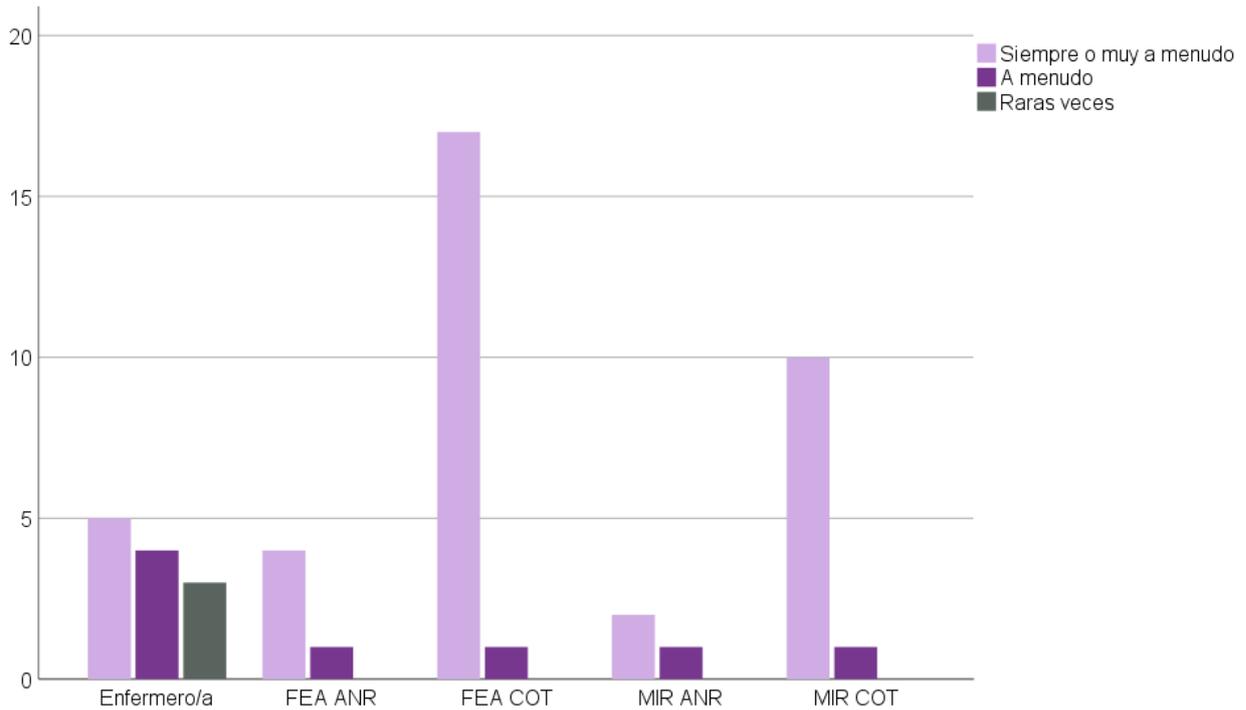


Fig. 35. Relación entre variables “Categoría profesional” y “Pregunta 8”. Elaboración propia a través del programa IBM® SPSS® Statistics v.25.

En el ANEXO IV se recoge la tabla con el resumen del cuestionario de conocimientos sobre radiaciones ionizantes e impresiones personales sobre radioprotección en el quirófano.

5.3. Impacto

El impacto de este trabajo radica en obtener un nivel de conocimiento moderado-alto sobre radiaciones ionizantes (radioprotección, dosis de radiación, etc.) para poder establecer estrategias de mejora que permitan disminuir el riesgo para la salud de los TPE.

Los resultados obtenidos en nuestro trabajo podrían indicar que no se están siguiendo los protocolos establecidos para un apropiado y seguro uso de las radiaciones con fines médicos. Por ejemplo, el hecho que un gran porcentaje de la muestra no utilice el dosímetro hace que no sea posible conocer la radiación absorbida por los profesionales. En relación con las preguntas contestadas de forma errónea, los datos obtenidos sugieren que los TPE necesitan cursos de actualización de conocimientos sobre las radiaciones.

Por tanto, se pretende fomentar la realización de charlas periódicas a los TPE sobre radiaciones ionizantes, así como facilitar el uso de dosímetros personales y su revisión mensual. Esto consideramos que es aplicable no solamente a los profesionales más expuestos (como los cirujanos ortopédicos y personal de enfermería), sino que debería extenderse a todos los trabajadores que estén o hayan podido estar en contacto con aparatos que emiten radiaciones ionizantes.

Asimismo, se recomienda realizar un reconocimiento médico exhaustivo -y enfocado en las posibles secuelas de radioexposición- para evaluar a los profesionales del área quirúrgica que, año tras año, se exponen a radiaciones ionizantes y al potencial riesgo para su salud.





6. Conclusiones

Como respuesta a nuestros objetivos, se ha obtenido un análisis estadísticamente significativo en cuanto a los conocimientos sobre riesgos de radiaciones ionizantes para la mayoría de las variables. Éstos dependen en gran medida de la categoría profesional y de los años de experiencia con aparatos emisores de radiaciones ionizantes.

Se puede llegar a la conclusión de que los profesionales más expuestos son los que más conciencia tienen sobre las radiaciones en su trabajo; y que los que más años se han radioexpuesto tienen una media mayor de aciertos que los que han trabajado menos años. Esto concuerda con varios de los trabajos publicados recientemente.

Además, los TPE que más conocimiento presentan sobre radioprotección y dosis de radiaciones ionizantes son los que más concienciados están en lo referente a la radioprotección, por lo que se puede afirmar que existe una relación directa entre el conocimiento medido y las medidas de radioprotección que éstos adoptan.

Por último, se ha obtenido relevancia estadística en cuanto al uso de radioprotección y la categoría profesional, extrayendo de los datos analizados que los profesionales más radioexpuestos son los que utilizan más a menudo los protectores frente a las radiaciones ionizantes.



7. Bibliografía

1. Vivas, M.; Herrera, H.; et al. Informe sobre la radio-exposición en el personal quirúrgico de Ortopedia y Traumatología. Principios, marco legal y análisis situacional en la Argentina. Rev Asoc Argent Ortop Traumatol. 2018; 83(2):210-3
2. Fuster Acebal, C.; Floro Moreno, M. A.; et al. Manual de recomendaciones de protección frente a radiaciones ionizantes en el servicio de radiodiagnóstico [Documento PDF] Complejo Hospitalario Universitario de Albacete. Disponible en: <https://www.chospab.es/publicaciones/protocolosEnfermeria/documentos/20e3e6b07fa2c9acb5330d18ea692eac.pdf>
3. Protección radiológica para trabajadores de hospital [Documento PDF] Gobierno de Aragón. Disponible en: https://www.aragon.es/documents/20127/674325/Manual_trabajadores_ProtRad.pdf/b96d02f4-2e6f-adc6-a546-454c293ed687
4. Nota Técnica de Prevención (NTP) 304: Radiaciones ionizantes: normas de protección [Documento PDF] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. España. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp_304.pdf/a4172a24-65a0-42a9-add3-9428100fa070
5. Murillo Olmos, M. Prevención de Riesgos por Exposición a Radiación No Ionizante en Fisioterapeutas en un Gimnasio de Rehabilitación [Documento PDF]. Universidad Miguel Hernández. 2019 [consultado 2 Mar 2022]. Disponible en: <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/5714/1/MURILLO%20OLMOS%2C%20MACARENA%20TFM.pdf>
6. Nota Técnica de Prevención (NTP) 604: Radiaciones ionizantes: normas de protección. [Documento PDF] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. España. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_614.pdf/ef28c36c-66d4-4bc9-a5cb-451c705927a9
7. Dresing, K. Uso de rayos X en la cirugía especializada en los accidentes y en la ortopedia. Actualización sobre los efectos físicos, biológicos, aplicación razonable y protección radiológica en el quirófano. Ortoph Traumatol. 2011; 23:70-8
8. Hirshfeld, J. W. J.; Balter, S.; et al. JWW, Balter S, Brinker JA et al (2005) clinical competence statement non physician knowledge to optimize patient safety and image quality in fluoroscopically guided invasive cardiovascular procedures: a report of the ACCF/AHA/HRS/SCAI. 2005; 111(4):511-32

9. Raza, M.; Houston, J.; et al. The use of The use of ionising radiation in orthopaedic surgery: principles, regulations and managing risk to surgeons and patients. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2021; 31(5):947-55
10. Torres-Torres, M.; Mingo-Robinet, J.; et al. Radioprotección en quirófanos de traumatología: ¿en qué situación estamos? *Rev Esp Ortop Traumatol.* 2014; 58(5):309-13
11. Real Decreto 1891/1991, de 30 de diciembre, sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico. *Boletín Oficial del Estado.* 1992; 3:138-48
12. Munro, L.; Ostensen, H.; et al. Diagnostic imaging and laboratory technology team Basics of radiation protection for everyday use: how to achieve ALARA: working tips and guidelines [Internet] World Health Organization [consultado 4 Mar 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/en/>
13. Gallego González, M.; Jaramillo Caviedes, C.; et al. Conocimientos, actitudes, y prácticas sobre radioprotección en el quirófano, en una Institución de Salud, Pereira, Cuaderno de Investigaciones-Semilleros Andina. 2018; 11(11):40-6
14. Hayda, R. A.; Hsu, R. Y.; et al. Radiation Exposure and Health Risks for Orthopaedic Surgeons. *J Am Acad Orthop Surg* 2018; 26(8):268-77
15. Ozasa, K.; Shimizu, Y.; et al. Studies of the mortality of atomic bomb survivors, Report 14, 1950-2003: an overview of cancer and noncancer diseases. *Radiat Res.* 2012; 177(3):229-43
16. ICRP [Página Web]. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. 37;2-4 [consultado 23 Mar 2022]. Disponible en: <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103>
17. Muller, L. P.; Sufner, J.; et al. Radiation exposure to the hands and the thyroid of the surgeon during intramedullary nailing. *Injury.* 1998; 29(6):461-8
18. Dewey, P.; Incoll, I. Evaluation of thyroid shields for reduction of radiation exposure to orthopaedic surgeons. *Aust N Z J Surg.* 1998; 68(9):635-6
19. Ainsbury, E. A.; Bouffler, S. D.; et al. Radiation cataractogenesis: a review of recent studies. *Radiat Res.* 2009; 172(1):1-9
20. Klein, B. E.; Klein, R.; et al. Diagnostic X-ray exposure and lens opacities: the beaver dam eye study. *Am J Public Health.* 1993; 83(4):588-90
21. Burns, S.; Thornton, R.; et al. Leaded eyeglasses substantially reduce radiation exposure of the surgeon's eyes during acquisition of typical fluoroscopic views of the hip and pelvis. *J Bone Jt Surg Am.* 2013; 95(14):1307-11
22. Radiaciones ionizantes [Documento PDF]. Número 17. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [consultado 12 Mar 2022]. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/212503/Cuestionario+17.+Radiaciones+ionizantes+%28desfasada+pues+hace+referencia+a+una+legislaci%C3%B3n+ya+derogada%2C+RD+53+1992%29+%28pdf%2C+30+Kbytes%29.pdf/b552819f-d278-4953-8ad7-4cb263894550>
23. Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. *Boletín Oficial del Estado.* 2001; 178

24. Real Decreto 53/1992, de 24 de enero, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (disposición derogada). Boletín Oficial del Estado. 1992; 37:4759-848
25. Valentín, J. Las recomendaciones de la ICRP en el presente y el corto plazo. Seg Radiol. 2003; 22:69-76
26. Reglamento (UE) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2016, relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo. Diario Oficial de la Unión Europea. 2016; 81:51-98
27. Manual de buenas prácticas de trabajo [Documento en Internet]. Exposición laboral a campos electromagnéticos en Rehabilitación y Fisioterapia [consultado 27 Mar 2022] Servicio Andaluz de Salud. Consejería de Salud. 2016 (superv. 2018). Disponible en: <https://docplayer.es/52575551-Manual-de-buenas-practicas-de-trabajo.html>
28. Directrices para la evaluación de riesgos y protección de la maternidad en el trabajo [Documento PDF]. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [consultado 27 Mar 2022] Ministerio de Empleo y Seguridad Social. 2011. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/directrices-para-la-evaluacion-de-riesgos-y-proteccion-de-la-maternidad-en-el-trabajo>
29. Singer, G.; Herron, B.; et al. Exposure from the large C-arm versus the mini C-arm using hand/wrist and elbow phantoms. J Hand Surg. 2011; 36(4):628-31
30. Mehlman, C. T.; DiPasquale, T. G. Radiation exposure to the orthopaedic surgical team during fluoroscopy: "How far away is far enough? J Orthop Trauma. 1997; 11(6):815-8
31. Alonso, J. A.; Shaw, D. L.; et al. Scattered radiation during fixation of hip fractures is distance alone enough protection? J Bone J Surg Br. 2001; 83(6):815-8
32. Said, H.; Platzke, S. Characteristics of X-rays. AO Trauma [consultado 2 Abr 2022] 2019. Disponible en: <https://aotrauma.aofoundation.org/>
33. Singer, G. Radiation exposure to the hands from mini C-arm fluoroscopy. J Hand Surg Am. 2005; 30(4):795-7
34. Van Der Merwe, B. Radiation dose to surgeons in theatre. S Afr J Surg. 2012; 50(2):26-9
35. Hak, D. J. Radiation exposure during intramedullary nailing. Injury. 2017; 48(1):26-9
36. Manual de Seguridad y Salud frente al Riesgo de Exposición Laboral a los Campos Electromagnéticos en los puestos de Fisioterapeuta y Auxiliar [Documento en Internet]. FREMAP [consultado 27 Mar 2022]. 2011. Disponible en: <https://docplayer.es/68605741-Manual-de-seguridad-y-salud-frente-al-riesgo-de-exposicion-laboral-a-los-campos-electromagneticos-en-los-puestos-de-fisioterapeuta-y-auxiliar.html>
37. Real Decreto 298/2009, de 6 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en relación con la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en periodo de lactancia. Boletín Oficial del Estado. 2009; 57

38. Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. Boletín Oficial del Estado. 1997; 27
39. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. Boletín Oficial del Estado. 1995, 269:32590-611
40. Protocolos de Vigilancia Sanitaria Específica. Radiaciones ionizantes [Documento PDF]. Comisión de Salud Pública. Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud [consultado 3 Abr 2022]. Disponible en: <https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/radiacio.pdf>
41. Guía Básica de Riesgos Laborales específicos en el Sector Sanitario [Documento PDF]. Unión Sindical de Comisiones Obreras de Castilla y León y Secretaría de Salud Laboral de la Federación Regional de Sanidad y Servicios Sociosanitarios. 2011
42. Cárdenas Martínez, R.; Sornoza Mieles, S.; et al. Uso de radiaciones ionizantes en estudios de diagnóstico en una institución de salud de Ecuador. Actual Med. 2021; 106(812):16-23
43. Chung-Sing, W.; Bingsheng, H.; et al. A questionnaire study assessing local physicians, radiologists and interns' knowledge and practice pertaining to radiation exposure related to radiological imaging. Eur J Radiol. 2012; 81(3):e264-e268
44. Sadigh, G.; Khan, R.; et al. Radiation safety knowledge and perceptions among residents: A potential improvement opportunity for graduate medical education in the United States. Acad Radiol. 2014; 21(7):869-78
45. Macia-Suarez, D.; Sánchez-Rodríguez, E. Conocimientos en materia de radioprotección en radiólogos del noroeste de España. Radiol. 2018; 60(1):320-5
46. Soye, J.A.; Paterson, A. A survey of awareness of radiation dose among health professionals in Northern Ireland. Br J Radiol. 2008; 81:725-9
47. Alhasan, M. K. Radiobiology knowledge level of radiologists. eJBio. 2016; 12:258-61
48. Borgen, L.; Stranden, E. Radiation knowledge and perception of referral practice among radiologists and radiographers compared with referring clinicians. Insights Imaging. 2014; 5:635-40
49. Lee, R. K. L.; Chu, W. C. W.; et al. Knowledge of radiation exposure in common radiological investigations: A comparison between radiologists and non-radiologists. Emerg Med J. 2012; 29:306-8

8. Anexos

ANEXO I

Cuestionario sociodemográfico y laboral

- a) Edad
- Menor de 30 años
 - Entre 30-40 años
 - Entre 41-50 años
 - Entre 51-60 años
 - Mayor de 60 años
- b) Género
- Hombre
 - Mujer
- c) Categoría profesional
- Auxiliar de Enfermería
 - Celador/a
 - Diplomado Universitario en Enfermería / Graduado en Enfermería
 - Facultativo Adjunto Especialista de ANR
 - Facultativo Adjunto Especialista de COT
 - Médico Interno Residente de ANR
 - Médico Interno Residente de COT
- d) ¿Cuántas horas semanales realiza en el quirófano de COT?
- Menos de 1 hora
 - Entre 1 y 15 horas
 - Entre 16 y 30 horas
 - Más de 30 horas
- e) ¿Hace cuánto tiempo que trabaja con aparatos que emiten radiaciones ionizantes?
- Menos de 4 años
 - De 4 a 10 años
 - De 11 a 20 años
 - Más de 20 años

ANEXO II

Cuestionario de conocimientos sobre radiaciones ionizantes e impresiones personales sobre radioprotección en el quirófano

- 1) ¿Qué nivel de conocimiento cree que posee sobre radioprotección y dosis de radiación?
 - Alto
 - Moderado
 - Escaso

- 2) ¿Considera estar completa y correctamente protegido/a frente a las radiaciones del quirófano?
 - Sí
 - No

- 3) ¿Sabe cuáles son los EPI de protección radiológica?
 - Sí
 - No

- 4) ¿Alguna vez ha recibido capacitación sobre la exposición a la radiación asociada con imágenes médicas?
 - Sí
 - No

- 5) ¿Recibe charlas informativas periódicas sobre radiaciones?
 - Sí
 - No

- 6) ¿Conoce los límites actuales de dosis de radiaciones ionizantes?
 - Sí
 - No

- 7) ¿Utiliza alguna protección contra la radiación recibida en el quirófano?
 - Sí
 - No
 - N / A

- 8) Si su respuesta a la pregunta 7 es "Sí", ¿con qué frecuencia utiliza los protectores?
 - Siempre o muy a menudo
 - A menudo
 - Raras veces
 - Nunca

- 9) Si su respuesta a la pregunta 7 es "No" o "N / A", ¿por qué no utiliza protectores?
 - Considero que la radiación es segura
 - Son incómodos
 - No hay suficientes
 - No los necesito

- 10) ¿Cuál de las siguientes opciones describe mejor el concepto de “optimización de dosis”?
- Los exámenes de rayos X deben prescribirse y realizarse sólo cuando son realmente necesarios
 - La dosis administrada por un examen de rayos X debe mantenerse tan baja como sea razonablemente posible y compatible con el logro de la información diagnóstica requerida**
 - Un examen de rayos X debe incluir el área anatómica más amplia para que una sola exposición pueda proporcionar la máxima información de diagnóstico
 - El examen radiográfico se optimiza cuando la resolución de la imagen y el contraste son los mejores posibles, con el fin de evaluar el detalle anatómico más minucioso
 - Todas las anteriores son correctas
- 11) Hablando de dosis de radiación en estudios radiológicos simples, ¿cuál de los siguientes estudios usa la dosis más baja de radiación?
- Tórax**
 - Cadera
 - Columna lumbar
 - Cráneo
 - No lo sé
- 12) Hablando de dosis de radiación en estudios radiológicos simples, ¿cuál de los siguientes estudios usa la dosis más alta de radiación?
- Tórax
 - Cadera
 - Columna lumbar**
 - Cráneo
 - No lo sé
- 13) Uno de los estudios radiológicos simples más utilizados es la radiografía de tórax AP, ¿sabría decir qué dosis se usa normalmente?
- 0'01-0'1 mSv**
 - 0'1-1 mSv
 - 1-10 mSv
 - 10-100 mSv
 - No lo sé
- 14) ¿Informa a los pacientes sobre la exposición a la radiación que va a recibir en el quirófano?
- Sí
 - No
 - A veces
 - N / A
- 15) ¿Cree usted que se cumplen los principios para minimizar las exposiciones (alejamiento del foco, reducción el tiempo y de personas, uso de protecciones, etc.?)
- Sí
 - No

- 16) ¿Lleva dosímetro cuando trabaja en el quirófano? Y si es así, ¿le realizan mensualmente controles dosimétricos?
- Sí llevo dosímetro y sí me realizan controles
 - Sí llevo dosímetro, pero no me realizan controles
 - No llevo dosímetro
 - N / A
- 17) ¿Le realizan reconocimientos médicos periódicos específicos para radiaciones ionizantes según la legislación vigente?
- Sí
 - No
- 18) ¿Conoce los códigos de colores de la señalización de los lugares donde hay radiaciones ionizantes?
- Sí
 - No



ANEXO III. Consentimiento informado



MÁSTER OFICIAL UNIVERSITARIO EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Bárbara Lorca Martínez

HOJA DE INFORMACIÓN AL VOLUNTARIO Y CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN EL ESTUDIO

ANÁLISIS DE LOS RIESGOS DE RADIACIONES IONIZANTES EN UN QUIRÓFANO DE CIRUGÍA ORTOPÉDICA Y TRAUMATOLOGÍA EN UN HOSPITAL DE TERCER NIVEL

Yo, _____ (nombre y apellidos)

Con DNI nº _____

DECLARO

Que la investigadora Bárbara Lorca Martínez me ha explicado que:

Con motivo de la realización de un Trabajo Fin de Master del máster de Prevención de Riesgos Laborales está realizando este estudio en el que se trata analizar los riesgos de radiaciones ionizantes en un quirófano de Cirugía Ortopédica y Traumatología.

Objetivos del estudio

El objetivo es analizar las variables sociodemográficas y los conocimientos que el personal sanitario tiene sobre las radiaciones ionizantes a las que están expuestos. Estos datos serán luego analizados mediante un programa estadístico para poder obtener resultados y conclusiones.

Procedimiento del estudio

El estudio se realiza sobre trabajadores en activo en el Servicio Quirófano del Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca de Murcia.

El procedimiento que se me propone consiste en la evaluación del puesto de trabajo, la recogida de datos personales y laborales y la toma de datos para la determinación de las variables que se van a estudiar. Los datos personales que se manejarán serán los sociodemográficos y algunos de los incluidos en mi historia clínica laboral.

Riesgos

La recogida de datos se hará mediante entrevista personal por lo que no comportan ningún riesgo para mí.

Beneficios

No existe ningún beneficio particular ni compensación económica para mí por el hecho de participar en el estudio. No obstante, la información que se obtenga a partir de los resultados del estudio podría ser útil para desarrollar programas de prevención del síndrome de burnout.

Participación

Mi participación en el estudio es totalmente voluntaria. Si así lo decidiera, podría comunicarle a mi médico del trabajo la decisión de retirarme del estudio en cualquier momento sin tener que dar ninguna explicación y sin perjuicio alguno para mí.

Confidencialidad

El acceso a mis datos clínico-laborales se realizará guardando la más estricta confidencialidad de forma que no se viole la intimidad personal. Mis datos y muestras serán objeto de un tratamiento de disociación por el que se genera un código de identificación que impide que se me pueda identificar directa o indirectamente. Mis datos serán tratados de forma anónima en todo el desarrollo de la investigación y posteriormente a la misma. Todos los datos que se recojan y se introduzcan en una base de datos se mantendrán confidenciales. El investigador, cuando procese y trate mis datos tomará las medidas oportunas para protegerlos y evitar el acceso a los mismos de terceros no autorizados. Los resultados que se obtengan de este estudio pueden aparecer en un informe final del mismo o en revistas científicas. Sin embargo mi nombre no aparecerá en ningún informe o publicación. Así mismo, se me ha informado que puedo revocar en cualquier momento el consentimiento para el tratamiento de mis datos personales.

El estudio cumple con los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki (59ª Asamblea Médica Mundial), en el Convenio del Consejo Europeo relativo a los derechos humanos y la biomedicina, así como con los requisitos establecidos en la legislación española en la Ley 14/2007, de 3 de Julio, de investigación biomédica, en la protección de datos de carácter personal y la bioética. No supone ni experimentación clínica con seres humanos, ni el sometimiento a los mismos a agente alguno. Se garantiza el estricto cumplimiento de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre de Protección de Datos Personales.

Preguntas/Información

Si tengo alguna pregunta con respecto al estudio puedo dirigirme en cualquier momento a la responsable del estudio, cuyo teléfono de contacto es 639544549 y la dirección de correo electrónico es lorcamartinezbarbara@gmail.com.

YO ENTIENDO que:

Mi elección es voluntaria, y que puedo revocar mi consentimiento en cualquier momento, sin tener que dar explicaciones y sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.

La información y el presente documento se me han facilitado con suficiente antelación para reflexionar con calma y tomar mi decisión libre y responsablemente.

He comprendido las explicaciones que se me han facilitado en un lenguaje claro y sencillo y el facultativo que me ha atendido me ha permitido realizar todas las observaciones y me ha aclarado todas las dudas que le he planteado.

Por ello, manifiesto que estoy satisfecho con la información recibida y en tales condiciones estoy de acuerdo y

OTORGO MI CONSENTIMIENTO para que el grupo de investigación de la Universidad Miguel Hernández utilice mis datos y muestras para el estudio, manteniendo siempre mi anonimato y la confidencialidad de mis datos.

En _____, a _____ de _____ de _____ (lugar y fecha)

Firma del participante

Firma de la Investigadora

Fdo.:

Fdo.:

ANEXO IV. Tabla de resultados de los cuestionarios

Variables		Categoría profesional						Total n (%)	
		AUX	CEL	ENF	FEA ANR	FEA COT	MIR ANR		MIR COT
		(n)							
Edad	Menos de 30 años		1	3			3	11	18 (32'1)
	30-40 años	1	2	7	2	8			20 (35'7)
	41-50 años		1	2	1	7			11 (19'6)
	51-60 años	1			1				2 (3'6)
	Más de 60 años	1			1	3			5 (8'9)
Género	Hombre			5		13	1	7	30 (53'6)
	Mujer	3	4	7	5	5	2	4	26 (46'4)
Horas semanales en el quirófano de COT	Menos de 1 hora	3	4						7 (12'5)
	1-15 horas			1	2	4		6	14 (25)
	16-20 horas			6	1	13	3	3	25 (44'6)
	Más de 30 horas			5	2			2	10 (17'9)
Años trabajando con radiaciones ionizantes	Menos de 4 años		1				3	9	13 (23'2)
	4-10 años	1	2	6	2	5		2	18 (32'1)
	11-20 años	1	1	4	1	6			13 (23'2)
	Más de 20 años	1		2	2	7			12 (21'4)
Cuestionario 1	Alto				1	13		1	15 (26'8)
	Moderado		3	9	4	5	3	8	32 (57'1)
	Escaso	3	1	3				2	9 (16'1)
Cuestionario 2	Sí	1	2	12	5	18	3	11	52 (92'9)
	No	2	2						4 (7'1)
Cuestionario 3	Sí	1	1	9	5	18	2	11	47 (83'9)
	No	2	3	3			1		9 (16'1)
Cuestionario 4	Sí			2		18		11	31 (55'4)
	No	3	4	10	5		3		25 (44'6)

Cuestionario 5	Sí								
	No	3	4	12	5	18	3	11	56 (100)
Cuestionario 6	Sí					10	3	6	19 (33'9)
	No	3	4	12	5	8		5	37 (66'1)
Cuestionario 7	Sí			12	5	18	3	11	49 (87'5)
	No								
	N / A	3	4						7 (12'5)
Cuestionario 8	Siempre o muy a menudo			5	4	17	2	10	38 (77'6)
	A menudo			4	1	1	1	1	8 (16'3)
	Raras veces			3					3 (6'1)
	Nunca								
Cuestionario 9	Considero que la radiación es segura								
	Son incómodos								
	No hay suficientes								
	No los necesito	3	4						7 (100)
Cuestionario 10	Los exámenes de rayos X...		1	1					2 (3'6)
	La dosis administrada...			5	4	17	2	9	37 (66'1)
	Un examen de rayos X...	1							2 (1'8)
	El examen radiográfico...	1							2 (1'8)
	Todas son correctas	1	3	6	1	1	1	2	15 (26'8)
Cuestionario 11	Tórax	1			1	16		2	20 (35'7)
	Cadera				1			1	2 (3'6)
	Columna lumbar								
	Cráneo		1	6		2	2		11 (19'6)
	No lo sé	2	3	6	3		1	8	23 (41'1)
Cuestionario 12	Tórax							1	1 (1'8)
	Cadera	1	1			1	1	1	5 (8'9)
	Columna lumbar	1	2	4	2	15	1	1	26 (46'4)

	Cráneo					2			2 (3'6)
	No lo sé	1	1	8	3		1	8	22 (39'3)
Cuestionario 13	0'01-0'1 mSv	1				12			13 (23'2)
	0'1-1 mSv			1		5		2	8 (14'3)
	1-10 mSv	1			1			1	3 (5'4)
	10-100 mSv		1	4				1	6 (10'7)
	No lo sé	1	3	7	4	1	3	7	26 (46'4)
Cuestionario 14	Sí					3			3 (5'4)
	No				5	3	3	3	14 (25)
	A veces					12		8	20 (35'7)
	N / A	3	4	12					19 (33'9)
Cuestionario 15	Sí	2	4	10	5		3	11	52 (94'6)
	No	1		2		18			3 (5'4)
Cuestionario 16	Sí llevo y sí me realizan controles				2	8		2	12 (21'4)
	Sí llevo, pero no me realizan controles			2	1	5	2	2	12 (21'4)
	No llevo			10	2	5	1	7	25 (44'6)
	N / A	3	4						7 (12'5)
Cuestionario 17	Sí								
	No	3	4	12	5	18	3	11	56 (100)
Cuestionario 18	Sí			3	2	11	1	4	21 (37'5)
	No	3	4	9	3	7	2	7	35 (62'5)

