

Radiaciones ionizantes en trabajadores sanitarios: función tiroidea y niveles de riesgo de exposición laboral

Fabián Vázquez Rivas⁽¹⁾; Ignacio Mabillo⁽²⁾; Julio Valverde⁽³⁾; Julia Garayoa⁽³⁾; M Teresa del Campo⁽¹⁾

¹*Servicio de Salud Laboral y Prevención, Hospital Universitario Fundación Jiménez Díaz, Madrid. España.*

²*Unidad de Epidemiología, Instituto de Investigación Fundación Jiménez Díaz, Madrid. España.*

³*Servicio de Protección Radiológica, Hospital Universitario Fundación Jiménez Díaz, Madrid. España.*

Correspondencia:

Fabián Vázquez Rivas

*Dirección: Hospital Universitario Fundación Jiménez Díaz,
Avda. de los Reyes Católicos, 2. 28040 Madrid.*

Teléfono: +34 91 550 48 00 2176,

Correo electrónico: fabian.vazquez@quironosalud.es

La cita de este artículo es: Fabián Vázquez Rivas et al. Radiaciones ionizantes en trabajadores sanitarios: función tiroidea y niveles de riesgo de exposición laboral. Rev Asoc Esp Espec Med Trab 2022; 31(1): 29-40

RESUMEN.

Introducción: Uno de los sectores donde más se emplean las radiaciones ionizantes es el sanitario. Existen evidencias que sugieren que la exposición a radiaciones ionizantes podría relacionarse con alteraciones en las hormonas tiroideas.

Objetivos: Analizar la posible asociación de alteraciones de hormonas tiroideas con la exposición a radiaciones ionizantes en trabajadores sanitarios según la clasificación actual con mayor probabilidad de riesgo (PERA) y menor probabilidad de riesgo (PER B), y la influencia de otros factores asociados, así como, valorar las dosimetrías personales en función de la exposición laboral en distintas zonas de trabajo según el nivel de riesgo.

Material y Métodos: Estudio retrospectivo comparativo de valores de TSH, T3 y T4 en trabajadores expuestos (PER A y/o PER B) y un

IONIZING RADIATION IN HEALTHCARE WORKERS: THYROID FUNCTION AND RISK LEVELS OF OCCUPATIONAL EXPOSURE

ABSTRACT

Introduction: One of the sectors with the highest rates of use of ionizing radiations is the healthcare system. There is some evidence to suggest that exposure to ionizing radiations could be associated with alterations in thyroid hormone levels.

Objectives: To analyze a possible association between the levels of thyroid hormones and the occupational exposure to ionizing radiation in healthcare workers according to the current classification of PERA (with more probability of risk of exposure) and PER B (with less probability of risk of exposure), plus the influence of other factors. To analyze the values of personal dosimeters according to the occupational exposure in the different areas of work and level of risk.

grupo control. Finalmente, se realizó una comparación de valores de dosimetrías personales respecto a zonas de trabajo con distintos niveles de exposición.

Resultados: se halla un ligero aumento de los valores de TSH en los trabajadores PER B ($2,6 \pm 1,4$) y PER A ($2,7 \pm 1,3$), frente a no PER ($2,4 \pm 1,5$) sin alcanzar significación estadística. Se ha encontrado diferencia estadísticamente significativa en las dosis quinquenales individuales de los trabajadores en relación a los niveles de exposición laboral con valores de $0,1 \pm 0,3$ en la zona de exposición baja y de $0,9 \pm 1,4$ en la zona de exposición media/alta.

Conclusiones: Se evidencia la relación entre exposición laboral a radiaciones ionizantes y los valores individuales dosimétricos en trabajadores sanitarios expuestos, por lo que parece conveniente considerar también las zonas de trabajo de cara a las medidas preventivas realizadas en los trabajos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes.

Palabras clave: trabajadores sanitarios; hormonas tiroideas; radiaciones ionizantes; exposición laboral.

Material and Methods: Retrospective comparative study of TSH, T3 and T4 in exposed healthcare workers (PER A and PER B) and control group, working from 2014 to 2019. Levels of personal dosimeters were compared in the areas classified according to the level of risk of exposure.

Results: No statistically significant relationship was found between the levels of thyroid hormones and the occupational exposure to radiation in PER A, PER B, though higher levels of TSH were found in the exposed groups PER B ($2,6 \pm 1,4$) and PER A ($2,7 \pm 1,3$) compared to TSH levels in the control group ($2,4 \pm 1,5$). There is a statistically significant difference between the individual five-year dose of healthcare workers and the levels of occupational exposure, with values in the areas classified according to the level of exposure with values of $0,1 \pm 0,3$ in the low exposure area and $0,9 \pm 1,4$ in the medium/high exposure area.

Conclusions: There is a relationship between occupational exposure to ionizing radiations and the individual dosimetric values, thus areas of work should be considered when designing preventive measures in healthcare workers exposed to ionizing radiations.

Keywords: healthcare workers; thyroid hormones; ionizing radiation; occupational exposure. .

Fecha de recepción: 10 de noviembre de 2021

Fecha de aceptación: 12 de enero de 2022

Introducción

La exposición a radiaciones ionizantes de forma aguda y crónica y su afectación a los diferentes órganos y sistemas ha sido estudiada ampliamente, siendo los accidentes nucleares de Chernobyl, o el más reciente de Fukushima, ejemplos claros de los efectos de la radiación sobre el tiroides⁽¹⁾.

Existen diferentes niveles de tolerancia dependiendo del tejido expuesto a este tipo de radiaciones, diferenciando dos tipos de daño: determinístico y estocástico. El daño determinístico se define como aquel que ocurre una vez se excede un nivel determinado de exposición a radiaciones ionizantes, mientras que el daño estocástico es aquel que se produce al exponerse a cualquier nivel de radiación, sin ser necesaria la aparición de este daño. Asimismo, la afectación de los tejidos se basa en el daño celular, siendo más sensibles a estos efectos las células en división (ya sea por daño celular directo en las diferentes fases del ciclo celular, o bien indirecto

mediante la actuación de radicales libres) que a las células maduras. Uno de los efectos estocásticos más estudiados es el cáncer, estando relacionado con exposiciones crónicas a bajas dosis y dosis agudas altas^(1,2).

El tiroides es un órgano especialmente sensible a este tipo de radiaciones, sobre todo a edades más tempranas⁽³⁾, habiendo resultados inconclusos en diferentes estudios en cuanto a la relación entre la exposición crónica a dosis bajas de radiación y el cáncer de tiroides. Objetivo de estos estudios suelen ser las exposiciones laborales a este tipo de radiaciones, ya que su uso sigue siendo imprescindible para diversos tipos de industria como la nuclear, la sanitaria o la textil. De este modo, una revisión publicada en 2015⁽⁴⁾, analiza la exposición laboral en diferentes profesiones a radiaciones ionizantes, sin haber hallado una clara relación entre la radiación y cáncer de tiroides.

Estos trabajadores se clasifican según la probabilidad e improbabilidad de cierto nivel de exposición. Los

trabajadores expuestos a radiaciones se clasifican como categoría B (PER B) cuando es muy improbable que superen 6 mSv/año de dosis efectiva o tres décimos de cualquiera de los límites de dosis equivalente en cristalino, piel o extremidades. Si no es improbable superar cualquiera de las dosis anteriores entonces corresponde categoría A (PER A).

Es importante destacar que uno de los sectores que más utiliza las radiaciones ionizantes es el sanitario, encontrando a trabajadores expuestos de forma crónica y directa, dado que este tipo de radiaciones son utilizadas tanto en técnicas diagnósticas como en tratamientos de diferentes enfermedades. Por ejemplo, un estudio retrospectivo realizado en Canadá analizó la incidencia de cáncer de tiroides en una cohorte de trabajadores sanitarios expuestos a radiaciones, hallando un aumento de la incidencia de esta patología en los trabajadores expuestos⁽⁶⁾.

En este sentido, cabe pensar que la exposición laboral de forma crónica a radiaciones ionizantes podría alterar la función hormonal a nivel del tiroides. De hecho, existen evidencias que sugieren que la exposición a dosis bajas de forma mantenida a radiaciones ionizantes podría relacionarse con alteraciones hormonales a este nivel⁽⁷⁾. Aún así, los estudios realizados al respecto son pocos, pero con resultados que parecen coincidir en un aumento del riesgo de padecer hipotiroidismo subclínico en trabajadores categoría PER A, como ocurre en el estudio realizado por Luna-Sanchez et al.⁽⁸⁾, así como de disminución de los niveles de T3 y T4, como en el estudio de Wong et al⁽⁹⁾, sin despreciar los resultados del estudio de Alawneh et al.⁽¹⁰⁾, donde se observó un aumento de la TSH y T3 en trabajadores sanitarios expuestos a radiaciones.

Por lo tanto, habría que incidir en la necesidad de realizar sendos estudios que determinen si realmente existe una relación entre la dosis de exposición laboral a radiaciones ionizantes en personal sanitario, y la aparición de alteraciones hormonales a nivel tiroideo. Éste es el caso del proyecto publicado recientemente en 2019 en la revista científica *British Medical Journal*⁽¹¹⁾, siendo uno de los pocos estudios prospectivos existentes y que se está realizando actualmente. Es importante conocer estas relaciones:

el beneficio alcanzado a causa de la mejoría de las medidas protección en la exposición a radiaciones ionizantes se ve atenuado por el creciente número de técnicas que las utilizan, por lo que se necesita revisar e implementar diferentes medidas de cara a prevenir la aparición de este tipo de alteraciones en los trabajadores sanitarios expuestos.

Es por ello que resulta de gran interés realizar un estudio retrospectivo comparativo analizando la posible relación entre la exposición crónica a dosis bajas de radiación en trabajadores sanitarios y alteraciones en los niveles de hormonas tiroideas.

El objetivo principal de este estudio es demostrar la asociación de alteraciones en la producción de hormonas tiroideas con la exposición a radiaciones ionizantes en trabajadores sanitarios expuestos a radiaciones de categoría A y/o categoría B, mediante el análisis de las dosis de radiación recogidas por los dosímetros personales y los datos analíticos de TSH, T3 y T4 recogidos en los reconocimientos médicos, comparando los resultados con un grupo control no expuesto a radiaciones ionizantes.

Como objetivos secundarios se considera el analizar la influencia de otros factores asociados en las alteraciones de las hormonas tiroideas en trabajadores expuestos a radiaciones, así como valorar una relación entre las dosimetrías personales de los trabajadores sanitarios en distintas zonas de trabajo clasificadas según nivel de riesgo de exposición en las que realizan sus tareas.

Material y Métodos

Realizamos un estudio retrospectivo de análisis de valores de TSH, T3 y T4 en trabajadores sanitarios con exposición laboral a radiaciones ionizantes de tipo categoría A y/o B en comparación con un grupo control de trabajadores no expuestos a dichas radiaciones.

En cuanto a la muestra, se seleccionaron a aquellos trabajadores sanitarios expuestos a radiaciones categoría A (PER A) del Hospital Universitario Fundación Jiménez Díaz que se habían realizado reconocimiento médico en el año 2019 con medición de TSH, T3 y T4 en suero, entendiéndose los

trabajadores PER A como aquellos que puedan estar expuestos a más de 6 mSv o una dosis equivalente de más de tres décimos del límite para cristalino, piel o extremidades⁽⁵⁾.

Además, se considera otro grupo de estudio de trabajadores sanitarios expuestos a radiaciones con menor riesgo de exposición denominada categoría B (PER B), en los que es improbable que reciban dosis superiores a 6 mSv por año oficial o a tres décimas partes de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades⁽⁵⁾.

Por otro lado, se seleccionó entre los trabajadores que se realizaron reconocimiento médico en el año 2019 una muestra similar de trabajadores no expuestos a radiaciones ionizantes, que será el grupo control del estudio.

Los datos de la población estudiada se obtuvieron del servicio de Protección Radiológica del Hospital Universitario Fundación Jiménez Díaz, así como de las bases de datos del servicio de Salud Laboral y Prevención del mismo hospital.

Como criterios de inclusión, los trabajadores sanitarios expuestos a radiaciones de categorías A y B del Hospital Universitario Fundación Jiménez Díaz debían disponer de alta dosimétrica hasta diciembre de 2014, haber trabajado hasta 2019 como mínimo, debían haber realizado los reconocimientos médicos de inicio y periódicos, según la normativa vigente, y debían disponer de control dosimétrico individuales. Como criterios de exclusión, se descartaron a aquellos trabajadores con un contrato temporal inferior al periodo de duración del estudio y que trabajaran en otros centros hospitalarios con exposición a radiaciones ionizantes en los que no tuviéramos acceso a sus datos dosimétricos.

Las variables dependientes analizadas fueron los valores numéricos de TSH (expresadas en $\mu\text{UI/ml}$), T3 (en pg/dl) y T4 (en ng/dl) en suero, siendo las variables independientes las dosis efectivas quinquenales de los dosímetros personales, edad, sexo, antecedentes personales de patología tiroidea, antecedentes familiares de patología tiroidea, puesto de trabajo (no sanitarios, técnicos especialistas en radiología, técnicos auxiliares de enfermería, enfermeros, otro personal técnico y facultativos) y

niveles de exposición (alta, media o baja) según la zona de trabajo y dosimetría de zona en mSv/mes (Tabla 1)

El estudio se desarrolló en 4 fases llevadas a cabo entre septiembre de 2018 y septiembre de 2021:

— Fase I: Planificación del estudio y de reconocimientos médicos del año 2019 (septiembre 2018-diciembre 2018).

En primer lugar, solicitamos al Servicio de Protección Radiológica una lista con el número total de trabajadores PER A y PER B en nuestro hospital para realización del reconocimiento médico anual durante el año 2019, citando a los trabajadores que cumplían los criterios de inclusión para el año 2019.

— Fase II: Recopilación de datos analíticos.

Se recogieron los datos sobre niveles de hormonas tiroideas en sujetos de estudio mediante la realización del reconocimiento médico (enero 2019-diciembre 2019). Durante los reconocimientos periódicos a estos trabajadores, se realizó un cuestionario donde se reflejaba la función que realizaban en tareas de exposición a radiaciones ionizantes y los posibles antecedentes personales y familiares de patología tiroidea.

— Fase III. Recopilación de datos dosimétricos (enero 2020 - septiembre 2021).

Posteriormente se analizaron los historiales dosimétricos de los trabajadores seleccionados, revisando las lecturas de los dosímetros personales de cuerpo y de muñeca. Las lecturas dosimétricas las proporcionaba el Centro Nacional de Dosimetría, entidad autorizada por el Consejo de Seguridad Nuclear. El nivel de exposición en cada sala (Tabla 1) se determinó a partir de las lecturas de dosímetros de área del Centro Nacional de Dosimetría. Los dosímetros se colocaron estratégicamente en puntos representativos de la posición de los trabajadores para conocer el nivel de exposición real y diferenciarlo del nivel de riesgo de exposición que determina la clasificación de los trabajadores.

— Fase IV. Análisis de los resultados de forma estadística (septiembre 2021).

Una vez seleccionados los trabajadores, seleccionamos de forma aleatorizada un número similar de trabajadores no expuestos a radiaciones

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE NIVELES DE EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES Y ZONA DE TRABAJO.

Zonas de exposición y ejemplos	Mín. mSv/año	Máx. mSv/año	Promedio mSv/año
Alta	3,7	426,9	61,3
Sala con arco quirúrgico	4,1	40,7	17,8
Sala de inyección de radiofármacos MN	5,5	5,5	5,5
Sala RX intervencionista	3,7	426,9	101,9
Media	0,4	3,7	1,6
Densitometría	1,0	1,0	1,0
Equipo portátil RX	1,2	2,2	1,7
Sala con arco quirúrgico	0,5	2,5	1,5
Sala control RX convencional	1,9	1,9	1,9
Sala de inyección de radiofármacos MN	0,4	0,4	0,4
Sala de preparación de radiofármacos MN	1,0	1,0	1,0
Sala RX intervencionista	1,5	3,7	2,4
Baja	0,0	8,4	0,4
Acceso a habitaciones de terapia metabólica	0,2	0,2	0,2
Apuerta de acceso a bunker HDR	0,0	0,0	0,0
Densitometría	0,0	0,0	0,0
Despacho colindante con sala RX intervencionista	0,0	0,0	0,0
Equipo portátil RX	0,0	0,2	0,1
Laboratorio isótopos	0,0	0,0	0,0
Mampara en sala de almacenaje de isótopos en RT	0,0	0,0	0,0
Puerta de acceso a ALE en RT	0,0	0,0	0,0
Puerta de acceso a sala TC	0,0	0,0	0,0
Radiología dental intraoral	0,2	0,2	0,2
Sala colindante con ALE radioterapia	0,0	0,0	0,0
Sala colindante con sala RX convencional	0,0	0,3	0,1
Sala colindante con sala RX quirúrgico	0,0	0,0	0,0
Sala control de ALE en RT	0,0	0,1	0,1
Sala control de equipo braquiterapia HDR	0,0	0,0	0,0
Sala control mamografía	0,0	0,0	0,0
Sala control RX convencional	0,0	0,2	0,1
Sala control TC	0,0	0,1	0,0
Sala controlada residuos terapia metabólica I-131	8,4	8,4	8,4
Sala controlada residuos terapia metabólica I-132	7,7	7,7	7,7
Sala de residuos radiactivos de MN	0,9	0,9	0,9
Sala estudios cardiología MN	2,3	2,3	2,3
Sala RX intervencionista	0,0	0,2	0,1
Zona pública MN	0,0	0,0	0,0
(en blanco)	0,0	0,0	0,0

ionizantes, que cumplieran los mismos criterios de inclusión y exclusión que los anteriores, siendo éste el grupo control puro. De cada trabajador incluido en el estudio, se recopiló los niveles de TSH, T3 y T4, puesto de trabajo, zona de exposición, clasificación PER A, PER B o no expuesto a radiaciones, presencia de antecedentes personales y familiares de patología tiroidea, zona de exposición a radiaciones según fuera de riesgo alto, medio, bajo o sin exposición, y dosis quinquenal registrada en dosímetro personal.

Posteriormente, se realizó un análisis descriptivo y comparativo de las variables en función de los tres grupos (PER A, PER B y no expuestos a radiaciones) dos a dos, es decir, entre PER A y no PER; PER B y no PER; y PER A y PER B. Las variables cuantitativas se describieron con media y desviación típica y las cualitativas con frecuencias y porcentajes. Los grupos se compararon mediante la prueba de la t de Student, en variables cuantitativas, y mediante la prueba de la Chi-cuadrado o la prueba exacta de Fisher en variables cualitativas. En el caso de las dosis y la zona de riesgo solo se realiza la comparación entre PER A y PER B, dado que los no PER no están en zona de riesgo de exposición.

En el siguiente paso, realizamos las comparaciones anteriores ajustando por sexo y puestos de trabajo, con el fin de ver si estas variables tienen algún efecto en las comparaciones de TSH, T4 y T3, y dosis quinquenales. Para los valores cuantitativos de TSH, T3 y T4, y de dosis, se aplicaron modelos de regresión lineal. Para la alteración de TSH, se aplicaron modelos de regresión logística. Para la alteración de T4 y T3, no se pueden realizar modelos estadísticos, ya que no hay apenas pacientes con alteración.

Al igual que en el punto anterior realizamos las comparaciones, pero en este caso agrupando los trabajadores expuestos tanto PER A como PER B y enfrentándolos a los no PER. Al igual que antes, las variables cuantitativas se describen con media y desviación típica y se comparan con la prueba de la t de Student, y las cualitativas se describen con frecuencias y porcentajes, y se comparan con la prueba de la Chi-cuadrado o la prueba exacta de Fisher. A continuación, realizamos las comparaciones

ajustando por sexo y puestos de trabajo, siguiendo el mismo procedimiento previo.

Finalmente, realizamos una comparación entre los diferentes niveles de exposición definidos en función del nivel de riesgo de exposición de la zona de trabajo. El grupo de riesgo medio tiene tan solo 3 pacientes, lo que hace difícil que se puedan realizar comparaciones estadísticas con él. Por lo tanto, se han agrupado las categorías de riesgo medio y alto, y se han comparado con la categoría de riesgo bajo. Las descripciones y comparaciones se realizan por los mismos métodos que en los puntos anteriores.

Resultados

Un total de 43 trabajadores PERA fueron incluidos en el estudio al cumplir los criterios de inclusión. De los PER B un total de 35 trabajadores fueron incluidos en el estudio. Como grupo control no PER se seleccionó un total de 108 trabajadores de forma aleatoria. Tal y como se puede observar en la Tabla 2, la media de los valores de TSH en los trabajadores no PER fue de $2,4 \pm 1,5$, mientras que en los PER B fue de $2,6 \pm 1,4$ y en los PERA de $2,7 \pm 1,3$, observándose una tendencia al aumento de TSH en trabajadores expuestos (siendo mayor en los PER A) respecto a los no expuestos sin alcanzar significación estadística.

Respecto a T3 y T4, los valores encontrados fueron de $3,2 \pm 0,4$ y $1,2 \pm 0,2$ respectivamente, en PER A y de $3,3 \pm 0,4$ y $1,3 \pm 0,2$ en el grupo de PER B mientras que en los no PER de $3,2 \pm 0,4$ y $1,2 \pm 0,2$, sin hallarse diferencias significativas en las comparaciones dos a dos entre grupos.

Las medias de edad fueron de $43,0 \pm 12,4$, $43,5 \pm 10,1$ y $41,9 \pm 12,3$ en los no PER, PER A y PER B respectivamente, muy similares en los tres grupos. Tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos A y B en cuanto a la dosis quinquenal, siendo ésta de $0,6 \pm 1,1$ en los PER A y de $0,3 \pm 0,9$ en los PER B.

Se encontró una diferencia estadísticamente significativa en cuanto al sexo, encontrándose un mayor número de mujeres en no PER (85,2%) frente a PER A (62,8%) ($p=0,005$) y PER B (48,6%)

TABLA 2. VARIABLES DE ESTUDIO Y SUS COMPARACIONES ENTRE TRABAJADORES EXPUESTOS DE CATEGORÍA PER A, PER B Y NO EXPUESTOS.

Variable	No PER	PER A	PER B	P1	P2	P3
TSH	2,37 ± 1,50	2,70 ± 1,26	2,58 ± 1,39	0,214	0,472	0,700
TSH alterada	8 (7,4%)	4 (9,3%)	4 (11,4%)	0,956	0,693	1,000
T4	1,21 ± 0,17	1,24 ± 0,20	1,25 ± 0,18	0,371	0,340	0,947
T4 alterada	1 (0,9%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1,000	1,000	1,000
T3	3,20 ± 0,35	3,18 ± 0,41	3,27 ± 0,44	0,725	0,333	0,332
T3 alterada	2 (1,9%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1,000	1,000	1,000
Edad	43,0 ± 12,4	43,5 ± 10,1	41,9 ± 12,3	0,818	0,622	0,510
Sexo				0,005	<0,001	0,303
Mujer	92 (85,2%)	27 (62,8%)	17 (48,6%)			
Varón	16 (14,8%)	16 (37,2%)	18 (51,4%)			
H tiroides				0,835	1,000	1,000
No	96 (88,9%)	37 (86,0%)	31 (88,6%)			
Si	12 (11,1%)	6 (14,0%)	4 (11,4%)			
H familiar				1,000	0,422	0,400
No	102 (94,4%)	41 (95,3%)	31 (88,6%)			
Si	6 (5,6%)	2 (4,7%)	4 (11,4%)			
Puesto				<0,001	<0,001	0,632
No sanitario	21 (19,4%)	0 (0,0%)	1 (2,9%)			
Técnico	19 (17,6%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)			
TER	4 (3,7%)	11 (25,6%)	10 (28,6%)			
DUE	26 (24,1%)	12 (27,9%)	6 (17,1%)			
TCAE	17 (15,7%)	4 (9,3%)	2 (5,7%)			
Facultativo	21 (19,4%)	16 (37,2%)	16 (45,7%)			
Dosis quinquenal		0,58 ± 1,10	0,28 ± 0,93			0,198
Grupo de riesgo						1,000
Bajo		23 (53,5%)	20 (57,1%)			
Medio		2 (4,7%)	1 (2,9%)			
Alto		18 (41,9%)	14 (40,0%)			

¹ comparación entre no PER y PER A
² comparación entre no PER y PER B
³ comparación entre PER A y PER B

(p<0,001), sin hallarse diferencia entre PERA y PER B en cuanto a sexo. No se hallaron diferencias entre la

distribución de grupos de riesgo en PERA y PER B, ni en cuanto a los antecedentes personales ni familiares

de patología tiroidea entre los tres grupos. Sí se hallaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) en la distribución de puestos de trabajo entre no PER y PER A, y no PER y PER B, sin hallarse diferencias en la distribución de puestos entre PER A y PER B.

En cuanto a la comparación ajustada por sexo y puestos de trabajo, con el fin de ver si estas variables tenían algún efecto en las comparaciones de TSH, T4 y T3, y dosis quinquenales, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos.

Al igual que en el punto anterior realizamos las comparaciones (Tabla 3), en este caso agrupando los PER A y los PER B y enfrentándolos a los no PER, observándose una tendencia al aumento de TSH en trabajadores expuestos respecto a los no expuestos sin alcanzar significación estadística ($2,6 \pm 1,3$ vs $2,4 \pm 1,5$; $p = 0,202$).

Finalmente, se realizó una comparación entre las lecturas dosimétricas individuales de los trabajadores y el nivel de exposición en las salas de trabajo determinado a partir de resultados de dosimetría de área en las zonas de trabajo. Se realizó una comparación de las categorías de riesgo medio/alto frente a la categoría de riesgo bajo, observándose una diferencia estadísticamente significativa en la variable puestos de trabajo con una $p < 0,01$. Destaca una mayor presencia de TER (Técnicos Especialistas en Radiología) en zonas de exposición baja y de DUE (Diplomados Universitarios en Enfermería) en zonas de exposición media/alta.

Por otra parte, se halló una diferencia estadísticamente significativa en la dosis quinquenal ($p = 0,003$) de los dosímetros personales entre las categorías de riesgo medio/alto y riesgo bajo siendo ésta de $0,1 \pm 0,3$ en la zona de exposición baja y de $0,9 \pm 1,4$ en la zona de exposición media/alta (Tabla 4). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las zonas de riesgo de exposición baja y media/alta ajustadas por puesto de trabajo.

Tras obtener estos resultados, se cruzaron las distribuciones de los grupos PER A y PER B con las categorías de nivel de riesgo de exposición medio/alto y bajo, sin observarse una diferencia

estadísticamente significativa. La distribución de PER A y PER B es muy similar en el grupo de exposición baja y en el grupo de exposición media/alta (53,5% de PER A en el grupo de exposición baja y 57,1% en el grupo de exposición media/alta, frente a un 46,5% de PER B en el grupo de exposición baja y 42,9% en el grupo de exposición media/alta, con una $p = 0,925$).

De esta forma, se podría decir que la diferencia que se encuentra en las dosimetrías personales entre los grupos de exposición media/alta y baja no es explicable por la clasificación PER. Se ha realizado la comparación de las dosimetrías ajustando por el grupo PER, y la comparación sigue siendo significativa ($p < 0,001$). Por lo tanto, las dosis son diferentes entre los grupos de exposición independientemente del tipo de trabajador PER A o B.

Discusión

En nuestro estudio se observa que hay una tendencia al aumento de la TSH en los trabajadores expuestos a radiaciones (en especial en los PER A) sin alcanzar la significación estadística. Este resultado estaría en la línea de los datos obtenidos en el estudio de Luna-Sánchez et al.⁽⁷⁾, donde se halló una asociación entre la exposición a radiaciones ionizantes y la presencia de hipotiroidismo subclínico. Sin embargo, este hallazgo no fue descrito en el estudio publicado por Guo et al.⁽¹²⁾.

Por otro lado, no se encontró relación entre la alteración de hormonas tiroideas T3 y T4 y la clasificación de PER A o PER B, en comparación con el grupo control, ni tampoco se vieron diferencias estadísticamente significativas en aquellos trabajadores que presentaban antecedentes personales de patología tiroidea en los diferentes grupos, al contrario de lo que ocurre en el estudio de Vimercati et al.⁽¹³⁾, donde los trabajadores expuestos a radiaciones tienen una mayor prevalencia de patología tiroidea que aquellos no expuestos. Esto puede ser debido a diferencias demográficas dado que en nuestro estudio con una prevalencia de un 7,4% de trabajadores con TSH alterada en no PER, 9,3% en PER A y 11,4% en PER B, la prevalencia de

TABLA 3. VARIABLES DE ESTUDIO Y SUS COMPARACIONES ENTRE TRABAJADORES EXPUESTOS (PER A + PER B) Y NO EXPUESTOS.

Variable	No PER	PER	P
TSH	2,37 ± 1,50	2,64 ± 1,32	0,202
TSH alterada	8 (7,4%)	8 (10,3%)	0,675
T4	1,21 ± 0,17	1,24 ± 0,19	0,257
T4 alterada	1 (0,9%)	0 (0,0%)	1,000
T3	3,20 ± 0,35	3,22 ± 0,43	0,741
T3 alterada	2 (1,9%)	0 (0,0%)	0,510
Edad	43,0 ± 12,4	42,8 ± 11,1	0,881
Sexo			<0,001
Mujer	92 (85,2%)	44 (56,4%)	
Varón	16 (14,8%)	34 (43,6%)	
H tiroides			0,900
No	96 (88,9%)	68 (87,2%)	
Si	12 (11,1%)	10 (12,8%)	
H familiar			0,777
No	102 (94,4%)	72 (92,3%)	
Si	6 (5,6%)	6 (7,7%)	
Puesto			<0,001
No sanitario	21 (19,4%)	1 (1,3%)	
Técnico	19 (17,6%)	0 (0,0%)	
TER	4 (3,7%)	21 (26,9%)	
DUE	26 (24,1%)	18 (23,1%)	
TCAE	17 (15,7%)	6 (7,7%)	
Facultativo	21 (19,4%)	32 (41,0%)	

valores alterados de TSH es similar a la prevalencia observada en la población general tal y como se refleja en diferentes estudios^(14,15).

En cuanto a los objetivos secundarios del estudio, se realizó un análisis de otros factores en las alteraciones tiroideas de los trabajadores PER A y PER B respecto a los no PER, sin observarse diferencias en cuanto a valores dosimétricos, edad, valores dosimétricos o antecedentes personales y familiares de patología tiroidea, ajustados por sexo (mayor porcentaje de mujeres en los no PER frente a PER A y PER B) y

puesto de trabajo, variables en las que sí había diferencias significativas entre los tres grupos.

Es llamativo que, sin embargo, se ha encontrado diferencia estadísticamente significativa en la dosis quinquenal personal al realizar la comparación entre los diferentes niveles de exposición definidos en función de la zona de trabajo (grupo de riesgo medio/alto respecto al bajo). La distribución de PER A y PER B es muy similar en el grupo de exposición baja y en el grupo de exposición media/alta. Por lo tanto, se puede concluir que las dosis son diferentes

TABLA 4. VARIABLES DE ESTUDIO Y COMPARACIONES ENTRE ZONAS DE EXPOSICIÓN LABORAL

Variable		Exposición Baja	Exposición media/alta	p
TSH		2,63 ± 1,42	2,66 ± 1,19	0,945
TSH alterada		5 (11,6%)	3 (8,6%)	0,724
T4		1,23 ± 0,17	1,26 ± 0,21	0,482
T4 alterada		0 (0,0%)	0 (0,0%)	1,000
T3		3,19 ± 0,40	3,25 ± 0,46	0,557
T3 alterada		0 (0,0%)	0 (0,0%)	1,000
Edad		42,7 ± 11,2	42,9 ± 11,1	0,957
Sexo				0,303
Mujer		27 (62,8%)	17 (48,6%)	
Varón		16 (37,2%)	18 (51,4%)	
H tiroides				0,330
No		39 (90,7%)	29 (82,9%)	
Si		4 (9,3%)	6 (17,1%)	
H familiar				0,686
No		39 (90,7%)	33 (94,3%)	
Si		4 (9,3%)	2 (5,7%)	
Puesto				<0,001
No sanitario		0 (0,0%)	1 (2,9%)	
Técnico		0 (0,0%)	0 (0,0%)	
TER		19 (44,2%)	2 (5,7%)	
DUE		6 (14,0%)	12 (34,3%)	
TCAE		3 (7,0%)	3 (8,6%)	
Facultativo		15 (34,9%)	17 (48,6%)	
Dosis quinquenal		0,10 ± 0,25	0,87 ± 1,42	0,003

entre los grupos de exposición independientemente del tipo de trabajador PER A o B. La realidad es que la clasificación de los trabajadores como PER A y PER B se realiza en función de la dosis que podrían llegar a recibir y de la clasificación radiológica del área donde desarrollan su trabajo, y no de la dosis que realmente reciben. El resultado de la comparación de la dosis quinquenal en función del grupo de riesgo (definición basada en la dosimetría de área) es una muestra de la correlación entre las dosis

quinquenales de los trabajadores y las medidas de dosimetría de área.

Este resultado es consistente con el estudio realizado por Cioffi et al⁽⁶⁾, donde se concluyó que tras examinar a 120 trabajadores expuestos a radiaciones que habría un aumento significativo de TSH y disminución de T3 y T4 respecto a controles, sin evidenciarse una diferencia significativa entre los grupos PER A y PER B, por lo que podríamos deducir que no habría diferencia tampoco en la exposición

a la que se ven sometidos. Esto apoya el resultado de este estudio en el sentido que esta clasificación no determina la exposición real a radiaciones ionizantes, sino que se basa en una probabilidad de exposición. Esto es determinante dado que, de cara a la planificación de medidas preventivas, se debería complementar la clasificación PER A y B basada en la normativa actualmente vigente, con otro método de clasificación actualizado en el que se estratifique el nivel de riesgo según la exposición real que se registre en las diferentes zonas uso de radiaciones ionizantes.

En cuanto a las limitaciones en este estudio, la principal es el uso del dosímetro personal. No se puede garantizar el uso correcto por parte de los trabajadores expuestos a radiaciones. Es por ello que en este estudio tratamos de minimizar este sesgo valorando el riesgo de exposición que conllevan las diferentes tareas laborales con los niveles de riesgo según zona en la que trabajan. Cabe destacar también que las lecturas del dosímetro personal de solapa se realizan en la parte izquierda del hemitórax superior. Este punto está normalmente muy protegido por lo que es fácil que subestime la dosis que recibe el tiroides. Además, no podemos analizar la radiación no laboral a la que han sido expuestos previamente los trabajadores, por lo que es un hándicap al que se enfrenta este estudio a la hora de relacionar dosis de exposición y posibles alteraciones tiroideas.

Asimismo, el número de sujetos analizados se estima que pueda ser pequeño. Consideramos que sería necesario en un futuro realizar un estudio a gran escala que analice la exposición a bajas dosis de radiaciones ionizantes y los efectos a largo plazo que esta tiene tanto en la función tiroidea como en otros indicadores de salud en los trabajadores expuestos. Como conclusión, se cree necesaria la realización de nuevos estudios con mayor número de trabajadores expuestos a radiaciones, a ser posible de carácter prospectivo, que apoyen una posible relación entre la alteración de hormonas tiroideas y la exposición a radiaciones ionizantes. Se puede concluir, asimismo que la clasificación actual de PER A y PER B no guarda relación con la exposición real a radiaciones ionizantes dado que existen diferencias

significativas entre los niveles de riesgo medio/alto y riesgo bajo en cuanto a datos dosimétricos quinquenales, sin observarse esta diferencia entre la clasificación PER A y PER B. Cabe del mismo modo, incidir en la importancia de crear nuevas estrategias de prevención que tengan en cuenta no sólo la clasificación de los trabajadores según las categorías PER A y PER B, sino la exposición real a radiaciones según su puesto de trabajo basado en los datos dosimétricos de zona, de cara a la planificación correcta de unas adecuadas medidas de prevención y de vigilancia de la salud.

Agradecimientos

A la Escuela Nacional de Medicina del Trabajo/ Instituto de Salud Carlos III, por la orientación y evaluación de este trabajo de Proyecto de Investigación presentado en el marco del programa de Formación Especializada de Residencia de Medicina del Trabajo.

Bibliografía

1. UNSCEAR. Evaluation of data on thyroid cancer in regions affected by the Chernobyl accident [Online]. New York: UN; 2018. Disponible en: https://www.unscear.org/docs/publications/2017/Chernobyl_WP_2017.pdf
2. Brown K, Rzucidlo E. Acute and chronic radiation injury. *Journal of Vascular Surgery*. 2011;53(1):15S-21S.
3. Sinnott B, Ron E, Schneider A. Exposing the Thyroid to Radiation: A Review of Its Current Extent, Risks, and Implications. *Endocrine Reviews*. 2010;31(5):756-773.
4. Aschebrook-Kilfoy B, Ward M, Della Valle C, Friesen M. Occupation and thyroid cancer. *Occupational and Environmental Medicine*. 2014;71(5):366-380.
5. Boletín Oficial del Estado. Real Decreto 783/2001, del 6 Julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. BOE N° 178 (26/7/2001) [online]. 2001. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2001/07/26/pdfs/A27284-27393.pdf>. Acceso el 2 de Septiembre de 2019

6. Zielinski J, Garner M, Band P, Krewski D, Shilnikova N, Jiang H et al. Health outcomes of low-dose ionizing radiation exposure among medical workers: a cohort study of the Canadian national dose registry of radiation workers. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*. 2009;22(2).
7. Stewart F, Akleyev A, Hauer-Jensen M, Hendry J, Kleiman N, MacVittie T et al. ICRP PUBLICATION 118: ICRP Statement on Tissue Reactions and Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs — Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. *Annals of the ICRP*. 2012;41(1-2):1-322.
8. Luna-Sánchez S, del Campo M, Morán J, Fernández I, Checa F, de la Hoz R. Thyroid Function in Health Care Workers Exposed to Ionizing Radiation. *Health Physics*. 2019;117(4):403-407.
9. Wong Y, Cheng Y, Cheng T, Huang C, Yeh J, Guo H. The Relationship Between Occupational Exposure to Low-dose Ionizing Radiation and Changes in Thyroid Hormones in Hospital Workers. *Epidemiology*. 2019;30:S32-S38.
10. Alawneh K, Alshehabat M, Al-Ewaidat H, Raffee L, Forihat D, Khader Y. Asymptomatic Effect of Occupational Radiation Exposure on Thyroid Gland Hormones and Thyroid Gland Ultrasonographic Abnormalities. *Journal of Clinical Medicine*. 2018;7(4):72.
11. Ko S, Chung H, Cho S, Jin Y, Kim K, Ha M et al. Occupational radiation exposure and its health effects on interventional medical workers: study protocol for a prospective cohort study. *BMJ Open*. 2017;7(12):e018333.
12. Guo QS, Ruan P, Huang WX, Huang DZ, Qiu JC. Occupational Radiation Exposure and Changes in Thyroid Hormones in a Cohort of Chinese Medical Radiation Workers. *Biomed Environ Sci*. 2021;34(4):282-289.
13. Vimercati L, De Maria L, Mansi F, Caputi A, Ferri G, Luisi V et al. Prevalence of Thyroid Diseases in an Occupationally Radiation Exposed Group: A Cross-Sectional Study in a University Hospital of Southern Italy. *Endocrine, Metabolic & Immune Disorders - Drug Targets*. 2019;19(6):803-808.
14. Mariscal Hidalgo A, Lozano Alonso J, Vega Alonso T. Hipotiroidismo subclínico en una muestra oportunista de la población de Castilla y León. *Gaceta Sanitaria*. 2015;29(2):105-111.
15. Hollowell J, Staehling N, Flanders W, Hannon W, Gunter E, Spencer C et al. Serum TSH, T₄, and Thyroid Antibodies in the United States Population (1988 to 1994): National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III). *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2002;87(2):489-499.
16. Cioffi D, Fontana L, Leso V, Dolce P, Vitale R, Vetrani I et al. Low dose ionizing radiation exposure and risk of thyroid functional alterations in healthcare workers. *European Journal of Radiology*. 2020;132:109279.