

# Dosis efectivas asociadas a estudios híbridos SPECT-CT en pacientes adultos

Effective dose associated to hybrid SPECT-CT imaging in adult patients

Doses eficazes associadas a estudos de SPECT-CT híbridos em pacientes adultos

Lucas Rodríguez<sup>1</sup>, Matías Rodríguez<sup>1</sup>, Agustina Roberts<sup>1</sup>, Natalia Viera<sup>2</sup>, Natalia Huart<sup>3</sup>, Sergio Rodríguez<sup>4</sup>, Enzo Silvera<sup>5</sup>, Juan Carlos Hermida<sup>6</sup>, Omar Alonso<sup>7</sup>

## Resumen

**Introducción:** la técnica de imagen híbrida de SPECT-CT combina la imagen de la tomografía por emisión de fotón único (SPECT) con el estudio de tomografía computada (TC), obteniendo información funcional y anatómica en un mismo estudio. La dosis efectiva total de radiación ionizante recibida en los estudios SPECT-CT puede ser estimada a partir de la dosis efectiva atribuible a la actividad administrada del radiofármaco y la dosis efectiva del componente de tomografía computada (TC).

**Objetivos:** estimar la dosis efectiva total en los protocolos SPECT-CT utilizados en población adulta y determinar el aporte adicional del estudio TC sobre la dosis efectiva total.

**Método:** se evaluaron 258 estudios SPECT-CT para estimar la dosis efectiva total aportada por la administración de los radiofármacos y los estudios de TC de baja dosis. Para estimar el aporte de ambos componentes se utilizaron factores de conversión específicos de cada radiofármaco y región explorada mediante TC.

**Resultados:** la dosis efectiva total (media  $\pm$  DS) en los estudios SPECT-CT fueron: 12,4  $\pm$  1,44 mSv en el estudio de perfusión miocárdica, 1,14  $\pm$  0,25 mSv en ganglio centinela de mama, 8,6  $\pm$  0,6 mSv paratiroides, 1,48  $\pm$  1,02 mSv tiroides y los estudios óseos de las regiones de cuello 4,5  $\pm$  0,3, tórax 6,07  $\pm$  0,3 mSv, abdomen y pelvis 6,1  $\pm$  0,3 mSv. La dosis de radiación aportada por el estudio TC se encuentra entre 0,46 mSv para la región del tórax en el estudio de ganglio centinela de mama y 2,3 mSv para el SPECT-CT óseo en la región de abdomen y pelvis.

**Conclusión:** se logró estimar la dosis efectiva en los protocolos SPECT-CT de uso clínico más frecuente en población adulta y el aporte de los estudios TC a la dosis efectiva total siendo relativamente baja comparado con la dosis aportada por los radiofármacos administrados con la excepción del estudio de ganglio centinela donde la contribución del componente TC es aproximadamente la mitad de la dosis efectiva total.

**Palabras clave:** SPECT-CT  
Dosis efectiva  
Protocolo  
Medicina Nuclear  
Protección radiológica

**Key words:** SPECT-CT  
Effective dose  
Protocol  
Nuclear Medicine  
Radiation protection

1. Lic. en Imagenología de EUTM. Facultad de Medicina, UDELAR.

2. Prof. Adj. Imagenología de EUTM, Facultad de Medicina, UDELAR.

3. Prof. Agda. Directora de Imagenología de EUTM, Facultad de Medicina, UDELAR.

4. Doc. Ayud. Tecnicatura en Radioisótopos, Facultad de Medicina, UDELAR.

5. Doc. Asist. Departamento de Medicina Nuclear e Imagenología Molecular, Facultad de Medicina, UDELAR.

6. Prof. Agdo. Departamento de Medicina Nuclear e Imagenología Molecular, Facultad de Medicina, UDELAR.

7. Prof. Dr. Jefe de Departamento de Medicina Nuclear e Imagenología Molecular, Facultad de Medicina, UDELAR.

Centro de Medicina Nuclear e Imagenología Molecular del Hospital Universitario de Clínicas Dr. Manuel Quintela.

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Aprobado por el Comité de ética de la Investigación del Hospital de Clínicas.

Correspondencia: Agustina Roberts. Correo electrónico: Agus17roberts@gmail.com

Recibido: 22/5/2022

Aprobado: 1/8/2022

## Introducción

La técnica de imagen híbrida de SPECT-CT permite la adquisición secuencial de información funcional de la imagen de la tomografía por emisión de fotón único (SPECT) y anatómica del estudio de tomografía computada (TC), de esta forma se obtienen imágenes que combinan información funcional y morfoestructural en un solo estudio<sup>(1)</sup>.

Los equipos SPECT/CT más utilizados en la actualidad consisten en un equipo de tomografía computada multicorte y una gammacámara de doble cabezal. Estos sistemas permiten caracterizar y localizar anatómicamente los hallazgos centellográficos, detectar lesiones anatómicas no detectadas mediante SPECT y mejorar la calidad técnica de las imágenes centellográficas mediante la corrección de atenuación y radiación dispersa<sup>(2,3)</sup>.

Por otra parte, los estudios SPECT-CT determinan la exposición del paciente a una dosis adicional de radiación proveniente del componente TC. En el SPECT-CT la dosis de radiación que recibe el paciente es la sumatoria de las dosis proveniente del radiofármaco administrado para el estudio centellográfico SPECT y la dosis de radiación del estudio TC.

Las recomendaciones actuales de la Comisión Internacional de Protección Radiológica publicadas en 2007<sup>(4)</sup> definen que los procedimientos diagnósticos que emplean radiaciones ionizantes se deben regir bajo los principios de protección radiológica de justificación y optimización, teniendo en cuenta el principio de ALARA (por las siglas de *as low as reasonable achievable* o tan bajo como sea razonablemente posible, traducido al español)<sup>(5)</sup>.

En el Centro de Medicina Nuclear e Imagenología Molecular (CMNIM) del Hospital de Clínicas las principales indicaciones de SPECT-CT en población adulta abarcan el estudio de centellograma de perfusión miocárdica en pacientes con obesidad, estudios de patologías óseas, estudio de ganglio centinela en el cáncer de mama y patologías endocrinológicas (paratiroides y tiroides).

Los objetivos del presente estudio son estimar la dosis efectiva total en los protocolos SPECT-CT empleados en el CMNIM en la población adulta y determinar el aporte adicional del estudio TC sobre la dosis efectiva total para lograr su optimización.

## Material y métodos

Se realizó un estudio retrospectivo, observacional y descriptivo de 258 pacientes adultos, mayores de 18 años, que fueron evaluados mediante la técnica SPECT-CT con un equipo híbrido Mediso© AnyScan 16 en el Centro de Medicina Nuclear e Imagenología Molecular del Hospital Universitario de Clínicas Dr. Manuel

Quintela en el período comprendido entre enero 2017 y octubre 2019 en Montevideo, Uruguay.

Se tomó una muestra representativa de los pacientes mediante muestreo aleatorio simple de los siguientes procedimientos: perfusión miocárdica, óseo y ganglio centinela de mama, siendo estos los estudios SPECT-CT más utilizados en la práctica clínica. Por otro lado se incluyeron todos los estudios consecutivos de centellograma tiroideo y paratiroideo con SPECT-CT del período mencionado ya que son los estudios híbridos menos frecuentemente realizados en nuestro centro.

## Criterios de inclusión

- Edad igual o mayor a 18 años
- Pacientes evaluados mediante centellograma y protocolo de SPECT-CT de uso clínico frecuente (perfusión miocárdica, óseo, paratiroides, tiroides, ganglio centinela de mama).
- Pacientes que firmaron el consentimiento informado

De los pacientes incluidos, se registraron del estudio SPECT-CT: el radiofármaco y actividad administrada (A) (MBq), tipo de estudio SPECT, región corporal explorada del estudio SPECT-CT, CTDIvol, longitud del *scan* y DLP (producto dosis longitud por sus siglas en inglés). Se calculó media, desvío estándar para la media muestral de las variables antes mencionadas. Se realizaron tablas, gráficos y los datos fueron procesados mediante software estadístico SPSS versión 25.

Se calculó la dosis efectiva aportada por el radiofármaco administrado ( $E_{RF}$ ) utilizando la actividad administrada (A) y factores de conversión específico para cada radiofármaco (hE1) publicados en las recomendaciones ICRP 128 (ecuación 1)<sup>(6)</sup>. Por otra parte se calculó la dosis aportada por la tomografía computada ( $E_{TC}$ ) mediante el producto de los valores de producto dosis-longitud (DLP) y los factores de conversión para cada región (hE2) (ecuación 2)<sup>(7-9)</sup>.

### Ecuación 1

$$E_{RF}(\text{mSv}) = [A(\text{MBq}) \times \text{hE1}(\mu\text{Sv}/\text{MBq})]/1000$$

### Ecuación 2

$$E_{TC}(\text{mSv}) = \text{DLP}(\text{mGy}/\text{cm}) \times \text{hE2}(\text{mGy}/\text{mSv} \cdot \text{cm})$$

Donde A es la actividad administrada, hE1 es el factor de ponderación de dosis efectiva según tipo de radiofármaco, DLP es es producto dosis-longitud y hE2 es el factor de ponderación de dosis efectiva para TC según región explorada.

Posteriormente se calculó la dosis efectiva total y la media del porcentaje de cada componente (TC y RF) por paciente respecto de la dosis efectiva total.

El presente estudio fue aprobado por el comité de ética del Hospital de Clínicas. La base de datos fue anonimizada para proteger la identidad de los participantes.

**Tabla 1.** Tipo y dosis administrada de radiofármacos (media y rango).

Procedimientos y radiofármacos	N° de pacientes evaluados	Actividad (MBq) Media $\pm$ SD	hE1 (uSv/MBq)	Dosis efectiva por el radiofármaco ( $E_{RF}$ ) (mSv) Media $\pm$ SD
Perfusión miocárdica (estrés-reposo) ( $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI)	64	821 $\pm$ 162 (estrés) 1.005 $\pm$ 104 (reposo)	5,9 6,8	11,5 $\pm$ 1,4
Ganglio centinela de mama ( $^{99m}\text{Tc}$ nanocoloides de albúmina)	39	120 $\pm$ 22	4	0,48 $\pm$ 0,1
Paratiroides ( $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI) + ( $^{99m}\text{Tc}$ O4- / pertecneciato)	91	999,4 $\pm$ 84 37 $\pm$ 0	6,8 13,5	7,3 $\pm$ 0,6
Tiroideo ( $^{99m}\text{Tc}$ O4- / pertecneciato)	8	92,5 $\pm$ 77	13,5	1,25 $\pm$ 1
Óseo ( $^{99m}\text{Tc}$ MDP)	58	952 $\pm$ 81	4	3,8 $\pm$ 0,3

**Tabla 2.** CTDIvol, DLP y dosis efectiva externa en los procedimientos SPECT-CT y regiones corporales exploradas.

Estudio	n Total=258	CTDIvol Media $\pm$ SD	Longitud del scan (cm)	DLP (mGy/cm) Media $\pm$ DS	hE2 (mGy/mSv*cm)	Dosis efectiva por TC $E_{TC}$ (mSv) Media, DS
Perfusión miocárdica	64	1,05 $\pm$ 0,01	29 $\pm$ 7,8	30,6 $\pm$ 8,5	0,0146	0,87 $\pm$ 0,17
Ganglio centinela	39	1,06 $\pm$ 0,01	42 $\pm$ 0,2	44,8 $\pm$ 0,5	0,0146	0,46 $\pm$ 0,2
Paratiroides	91	3,29 $\pm$ 0,03	40 $\pm$ 3	132,1 $\pm$ 10,3	0,0052 (Cuello) 0,0146 (Tórax)	1,28 $\pm$ 0,1
Tiroides	8	1,06 $\pm$ 0,005	43 $\pm$ 8,7	45,5 $\pm$ 9,4	0,0052 (Cuello) 0,0146 (Tórax)	0,66 $\pm$ 0,14
Óseo cuello	4	3,75 $\pm$ 0,001	41	154,37 $\pm$ 0,1	0,0052	0,8 $\pm$ 0,002
Óseo tórax	19	3,76 $\pm$ 0,01	41	154,7 $\pm$ 0,8	0,0146	2,27 $\pm$ 0,03
Óseo abdomen y pelvis	35	3,75 $\pm$ 0,01	41	154,34 $\pm$ 0,2	0,0153	2,3 $\pm$ 0,1

## Resultados

Los procedimientos evaluados correspondieron a estudios de paratiroides (n=91), perfusión miocárdica (n=62), óseo (n=58), ganglio centinela de mama (n=39) y centellograma tiroideo (n=8).

La tabla 1 muestra los radiofármacos utilizados en cada procedimiento, la actividad administrada (MBq), el coeficiente de conversión hE1 (uSv/MBq) para cada radiofármaco y la dosis efectiva aportada por la administración de los radiofármacos ERF (mSv). El rango de dosis efectiva interna por paciente en los distintos procedimientos fue 0,48-11,5 mSv.

La tabla 2 muestra la media y DS de CTDIvol, longitud del scan, DLP, el coeficiente de conversión hE2 (mGy/mSv\*cm) y la dosis efectiva por paciente de los estudios TC. El rango de dosis efectiva por paciente en los estudios TC fue 0,46-2,3 mSv.

La dosis efectiva y porcentajes de cada componente sobre la dosis efectiva total calculados se muestran en la tabla 3. En la figura 1 se visualizan los porcentajes de

la dosis efectiva aportados por cada componente (TC y RF) sobre la dosis efectiva total.

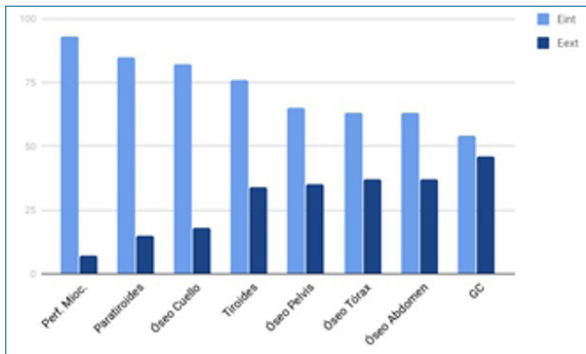
Los procedimientos que reportaron mayor dosis efectiva total fueron el estudio de perfusión miocárdica y el centellograma paratiroideo (media 11,4 y 7,3 mSv, respectivamente) mientras que los estudios con menor dosis efectiva total fueron el centellograma tiroideo y ganglio centinela (media de 1,25 y 0,48 mSv, respectivamente) como se muestra en la tabla 3. El procedimiento con mayor aporte del componente TC a la dosis efectiva total fue el estudio de ganglio centinela (46%) mientras que el estudio con menor porcentaje es el centellograma de perfusión miocárdica (7%).

## Discusión

La técnica de imagen híbrida de SPECT-CT combina información funcional del SPECT y la información anatómica del CT, lo cual implica un impacto clínico inmediato para un amplio rango de enfermedades al mejorar la precisión diagnóstica, especificidad y valor

**Tabla 3.** Dosis efectivas  $E_{RF}$ ,  $E_{TC}$ ,  $E_{total}$ , porcentajes  $E_{RF}$  y  $E_{TC}$  sobre  $E_{total}$ .

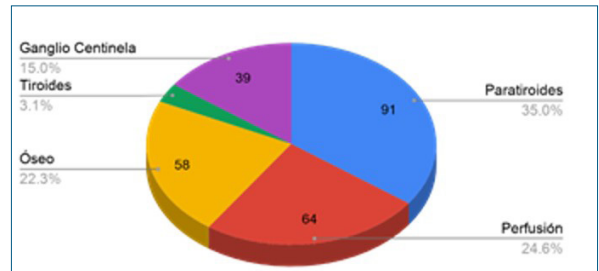
Estudio	$E_{RF}$ Media, DS	$E_{TC}$ Media, DS	Dosis efectiva total ( $E_{total}$ ) Media, DS	% $E_{RF}$ / total	% $E_{TC}$ / total
Perfusión miocárdica	11,4 ± 1,4	0,87 ± 0,17	12,4 ± 1,44	93	7
Ganglio centinela	0,48 ± 0,1	0,46 ± 0,2	1,14 ± 0,25	54	46
Paratiroides	7,3 ± 0,6	1,28 ± 0,1	8,6 ± 0,6	85	15
Tiroides	1,25 ± 1	0,66 ± 0,14	1,48 ± 1,02	76	24
Óseo cuello	3,7 ± 0,3	0,66 ± 0,01	4,5 ± 0,3	82	18
Óseo tórax	3,8 ± 0,3	2,27 ± 0,03	6,07 ± 0,3	63	37
Óseo abdomen y pelvis	3,8 ± 0,3	2,3 ± 0,1	6,1 ± 0,3	63	37



**Figura 1.** Dosis efectiva interna y externa como porcentaje de dosis efectiva total de cada procedimiento. Se visualiza un mayor porcentaje de dosis efectiva externa en el SPECT-CT de ganglio centinela, óseo de tórax, abdomen, pelvis y tiroides, siendo menor este porcentaje en el centellograma de perfusión miocárdica, paratiroideo y óseo de cuello.

predictivo positivo de los estudios de medicina nuclear. El uso de SPECT-CT se encuentra actualmente en crecimiento y se está extendiendo a nuevas situaciones clínicas<sup>(10)</sup>.

A pesar de las ventajas del uso de la técnica SPECT-CT, el protocolo de estudio TC implica la adición de una dosis baja de radiación ionizante para los pacientes estudiados mediante esta técnica. La medida de la radiación y la protección deben convertirse en una consideración fundamental a la hora de emplear fuentes radiactivas. Los efectos reales de la radiación pueden no ser completamente conocidos, pero en general toda radiación es potencialmente nociva y por lo tanto deben tomarse medidas para prevenir exposiciones innecesarias. La exposición a la radiación del paciente puede ser estimada a través del cálculo de dosis efectiva a partir del promedio de la dosis equivalente (cantidad que toma en cuenta el daño biológico producido en un tejido por diferentes tipos de radiación) recibida por cada órgano y tejido irradiado<sup>(11)</sup>.



**Figura 2.** Cantidad de pacientes que estudian en cada procedimiento. Se observa mayor número de pacientes en los estudios de paratiroides y perfusión miocárdica, siendo menor la cantidad en óseo y tiroides.

En las técnicas híbridas, el cálculo de dosis efectiva total que reciben los pacientes es la suma de la dosis efectiva derivada del radiofármaco administrado y la dosis efectiva por el estudio CT.

De acuerdo al sistema de protección radiológica propuesto por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), el uso de la radiación debe estar sujeto a tres criterios principales: el beneficio neto del individuo o la sociedad expuesta debe al menos compensar el daño por la exposición (justificación); la cantidad de exposición y la cantidad de personas expuestas deben mantenerse tan bajas como sea razonablemente posible teniendo en cuenta los factores sociales y económicos (optimización y principio ALARA)<sup>(4)</sup>, y la exposición de los pacientes debe estar sujeta a dosis diagnósticas de referencia (DRLs)<sup>(14)</sup>.

El cálculo de dosis efectiva es útil para comparar diferentes procedimientos diagnósticos y el riesgo asociado al efecto acumulativo de la dosis empleada de radiaciones ionizantes.

Los riesgos de la exposición en el cuerpo humano se clasifican según el tipo de célula en efectos genéticos que se presentan en la descendencia del individuo o somático manifestados en el mismo. Además, según

la probabilidad de aparición se los agrupa como efectos determinísticos (radio dermatitis) o estocásticos (cáncer).

Los efectos determinísticos están relacionados con la muerte celular a partir de un umbral de dosis por encima del cual estos se manifiestan. Los efectos estocásticos son aleatorios, probabilísticos y pueden aparecer tras la acumulación de exposición a pequeñas dosis de radiación ionizante. Al aumentar la dosis se incrementa la probabilidad de que ocurran siendo de tipo tardío y los más relevantes para este estudio<sup>(15)</sup>.

Los protocolos de estudio son optimizados teniendo en cuenta varios parámetros y aspectos, como la radiosensibilidad de cada paciente. Esta es mayor en pacientes pediátricos, debido al proceso de desarrollo celular activo que aumenta la probabilidad de los efectos, y en pacientes geriátricos dado que su desarrollo celular se ve limitado en la reparación de células afectadas.

Por otro lado, hay órganos más radiosensibles que otros según el tipo de función fisiológica que cumplan y la población celular que compone sus tejidos. Son más radiosensibles las células menos diferenciadas y con mayor capacidad de división, como las que forman parte de las glándulas tiroideas, mamarias y gonadales. Por lo tanto las regiones corporales donde se encuentran requieren de mayor cuidado al exponerse a las radiaciones ionizantes y es de suma importancia utilizar todas las herramientas que se encuentren a nuestro alcance para disminuir la dosis tanto como sea posible y así bajar la probabilidad de aparición de los efectos negativos<sup>(16)</sup>.

En nuestro estudio los procedimientos que aportaron mayor dosis efectiva por el radiofármaco fueron el centellograma de perfusión miocárdica, el centellograma paratiroideo y el centellograma óseo, debido a que son los estudios con mayor actividad administrada al paciente.

Por otro lado, los protocolos TC que aportaron mayor dosis efectiva fueron el estudio TC de las regiones de tórax y abdomen-pelvis en el centellograma óseo y el TC de las regiones de cuello y tórax en el centellograma paratiroideo, dado que la dosis recibida se relaciona con el espesor y composición de la región censada por el equipo<sup>(16)</sup>.

Las regiones exploradas mediante SPECT-CT en los distintos protocolos fueron: cráneo, cuello, tórax, abdomen y pelvis o abarcando más de una región como en el caso de estudios óseos y de ganglio centinela, que abarcan tórax y abdomen.

El presente estudio encontró que la dosis efectiva media atribuible al componente TC de diferentes estudios SPECT-CT se encuentra entre 0,46 y 2,3 mSv. La dosis efectiva media del componente TC fue la más baja en el ganglio centinela de mama y la más alta en el estudio SPECT-CT óseo de la región abdomen y pelvis,

esto se explica a que la región del tórax requiere dosis menores de radiación por el contraste natural entre las estructuras mientras que la dosis es mayor al estudiar dos regiones como abdomen y pelvis en un sólo estudio, lo que reafirma la importancia de delimitar adecuadamente la zona de estudio<sup>(16)</sup>.

El aporte adicional en la dosis efectiva de exposición medido como porcentaje de la dosis efectiva total atribuible al componente TC en los procedimientos SPECT-CT se encontró en el rango comprendido entre 7% para el estudio de perfusión miocárdica y 46% para el estudio ganglio centinela de mama. Debemos recordar que este porcentaje depende de la actividad y el radiofármaco administrado al paciente. La dosis adicional derivada del componente TC en los protocolos SPECT-CT encontrada en nuestra población es menor a la reportada en literatura<sup>(12)</sup>.

En Uruguay no se han establecido aún hasta la fecha niveles de referencia diagnósticos (DRLs, por las siglas de *diagnostic reference levels*)<sup>(13)</sup> y el presente estudio representa el primer aporte a la literatura nacional sobre el cálculo de dosis efectiva en estudios híbridos.

Debemos tener en cuenta como limitantes de nuestro estudio que es un estudio retrospectivo, se tomó una serie de casos consecutivos para los casos de centellograma paratiroideo y tiroides y una muestra aleatoria del resto de los estudios y que las variables en estudio se expresan en valores promedio por lo cual cada caso particular puede diferir de los resultados.

## Conclusiones

Se logró estimar la dosis efectiva en los protocolos SPECT-CT de uso clínico más frecuente en población adulta y el aporte de los estudios TC a la dosis efectiva total siendo relativamente baja comparado con la dosis aportada por los radiofármacos administrados con la excepción del estudio de ganglio centinela donde la contribución del componente TC es aproximadamente la mitad de la dosis efectiva total.

## Abstract

**Introduction:** SPECT-CT Hybrid image technique combines the SPECT (single-photon emission computed tomography) image with the CT (computerized tomography) image to obtain both functional and anatomical images in the same study. The total effective ionizing radiation dose received in SPECT-CT studies may be estimated based on the effective dose from the radiopharmaceutical administered and the effective dose from the CT (computerized tomography) component.

**Objectives:** the study aims to estimate the total effective dose in SPECT-CT protocols applied for the adult population, and to determine the additional con-



tribution from the CT component to the total effective dose.

**Method:** 258 SPECT-CT studies were evaluated to estimate the total effective dose from the administration of radiopharmaceuticals and low dose CT studies. Specific conversion factors for each radiopharmaceutical and area of the body explored with the CT were used to estimate radiation doses from both components.

**Results:** total effective dose (average  $\pm$  SD) in the SPECT-CT studies was:  $12.4 \pm 1.44$  mSv in the myocardial perfusion study,  $1.14 \pm 0.25$  mSv in the breast sentinel lymph node study,  $8.6 \pm 0.6$  mSv in the parathyroid study,  $1.48 \pm 1.02$  mSv in the thyroid study. As to bone studies, doses found were:  $4.5 \pm 0.3$ , in neck studies,  $6.07 \pm 0.3$  mSv in thoracic studies and  $6.1 \pm 0.3$  mSv in abdominal and pelvic studies. The radiation dose from the CT study ranges from 0.46 mSv for the thoracic region on the breast sentinel lymph node study to 2.3 mSv for the bone SPECT-CT study of the abdominal and pelvic region.

**Conclusions:** we managed to estimate the effective dose in the the most frequently used SPECT-CT protocols for the adult population and the contribution of CT studies to the total effective dose. It was found to be relatively low when compared to the dose contributed by the radiopharmaceuticals administered, with the exception of the sentinel lymph node study for which the contribution from the CT study is approximately half the total effective dose.

## Resumo

**Introdução:** a técnica de imagem híbrida SPECT-CT combina a imagem de tomografia por emissão de fóton único (SPECT) com o estudo de tomografia computadorizada (TC), obtendo informações funcionais e anatómicas no mesmo estudo. A dose efetiva total de radiação ionizante recebida em estudos SPECT-CT pode ser estimada a partir da dose efetiva atribuível à atividade administrada do radiofármaco e da dose efetiva do componente de tomografia computadorizada (TC).

**Objetivos:** estimar a dose efetiva total nos protocolos SPECT-CT utilizados na população adulta e determinar a contribuição adicional do estudo de TC na dose efetiva total.

**Método:** 258 estudos SPECT-CT foram avaliados para estimar a dose efetiva total fornecida pela administração de radiofármacos e estudos de TC de baixa dose. Para estimar a contribuição de ambos os componentes, foram utilizados fatores de conversão específicos para cada radiofármaco e região explorada pela TC.

**Resultados:** a dose efetiva total (média  $\pm$  DP) nos estudos SPECT-CT foi:  $12,4 \pm 1,44$  mSv no estudo de perfusão miocárdica,  $1,14 \pm 0,25$  mSv no linfonodo sentinela mamário,  $8,6 \pm 0,6$  mSv paratireoide,  $1,48 \pm$

$1,02$  mSv estudos de tireoide e ossos das regiões do pescoço  $4,5 \pm 0,3$ , tórax  $6,07 \pm 0,3$  mSv, abdômen e pelve  $6,1 \pm 0,3$  mSv. A dose de radiação fornecida pelo estudo de TC está entre 0,46 mSv para a região do tórax no estudo do linfonodo sentinela da mama e 2,3 mSv para o SPECT-CT ósseo na região do abdome e pelve.

**Conclusão:** foi possível estimar a dose efetiva nos protocolos de SPECT-CT mais utilizados clinicamente na população adulta e a contribuição dos estudos de TC para a dose efetiva total, sendo relativamente baixa em relação à dose fornecida pelos radiofármacos administrados com a exceção do estudo do linfonodo sentinela onde a contribuição do componente TC é aproximadamente metade da dose efetiva total.

## Bibliografía:

1. Mariani G, Bruselli L, Kuwert T, Kim EE, Flotats A, Israel O, et al. A review on the clinical uses of SPECT/CT. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2010; 37(10):1959-85. doi: 10.1007/s00259-010-1390-8.
2. Perera Pintado A, Torres Aroche L, Vergara Gil A, Batista Cuéllar J, Prats Capote A. SPECT/CT: principales aplicaciones en la medicina nuclear. *Nucleus (La Habana)* 2017; (62):2-9.
3. Kuwert T. Skeletal SPECT/CT: a review. *Clin Transl Imaging* 2014; 2(6):505-17. doi: 10.1007/s40336-014-0090-y.
4. ICRP Publication 105. Radiation protection in medicine. *Ann ICRP* 2007; 37(6):1-63. doi: 10.1016/j.icrp.2008.08.001.
5. Baert AL, ed. *Encyclopedia of Diagnostic Imaging*. Heidelberg: Springer, 2008. doi: 10.1007/978-3-540-35280-8\_87.
6. Mattsson S, Johansson L, Leide Svegborn S, Liniecki J, Noßke D, Riklund K, et al. Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals: a compendium of current information related to frequently used substances. *Ann ICRP* 2015; 44(2 Suppl):7-321. doi: 10.1177/0146645314558019.
7. Cheetham AM, Havariyoun G, Kalogianni E, Ruiz D, Devlin L, Gulliver N, et al. Calculating the effective dose from the CT component of a SPECT/CT Study. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2016; 43(Suppl 1):S641.
8. Ferrari M, De Marco P, Origi D, Pedrolì G. SPECT/CT radiation dosimetry. *Clin Transl Imaging* 2014; 2(6):557-69. doi: 10.1007/s40336-014-0093-8.
9. Deak PD, Smal Y, Kalender WA. Multisection CT protocols: sex- and age-specific conversion dose from dose-length product. *Radiology* 2010; 257(1):158-66. doi: 10.1148/radiol.10100047.
10. Israel O, Pellet O, Biassoni L, De Palma D, Estrada-Lo-bato E, Gnanasegaran G, et al. Two decades of SPECT/CT – the coming of age of a technology: an updated review of literature evidence. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2019; 46(10):1990-2012. doi: 10.1007/s00259-019-04404-6.
11. Nuñez M. Cardiac SPECT. *Alasbimn Journal* 2002; 5(18). Article N° AJ18-13. Disponible en: [http://web.uchile.cl/vignette/borrar3/alasbimn/CDA/sec\\_b/0,1206,SCID%253D568,00.html](http://web.uchile.cl/vignette/borrar3/alasbimn/CDA/sec_b/0,1206,SCID%253D568,00.html) [Consulta: 24 setiembre 2021].
12. Camacho López C, Martí Vidal JF, Falgás Lacueva M, Vercher Conejero JL. Dosis efectivas asociadas a las exploraciones multimodales habituales en medicina nuclear. *Rev Esp Med*

- Nucl 2011; 30(5):276-85. doi: 10.1016/j.rem.2011.02.008.
13. Rausch I, Füchsel FG, Kuderer C, Hentschel M, Beyer T. Radiation exposure levels of routine SPECT/CT imaging protocols. *Eur J Radiol* 2016; 85(9):1627-36. doi: 10.1016/j.ejrad.2016.06.022.
  14. Public Health England. National Diagnostic Reference Levels (NDRLs) from 19 August 2019. Disponible en: <https://www.gov.uk/government/publications/diagnostic-radiology-national-diagnostic-reference-levels-ndrls/ndrl> [Consulta: 15 enero 2022].
  15. Puerta-Ortiz JA; Morales-Aramburo J. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. *Rev Colomb Cardiol* 2020; 27(S1):61-71. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-colombiana-cardiologia-203-articulo-efectos-biologicos-radiaciones-ionizantes-S0120563320300061> [Consulta: 16 febrero 2022].
  16. Soria Jerez JA. Radiación y dosimetría. En: Costa Subías J, Soria Jerez JA. Tomografía computarizada dirigida a técnicos superiores en imagen para el diagnóstico. Barcelona: Elsevier, 2015:90-7.
  17. Uruguay. Ministerio de Industria, Energía y Minería. Autoridad Reguladora Nacional en Radioprotección. Justificación de las exposiciones médicas en el diagnóstico por imágenes con radiaciones ionizantes. Montevideo: MIEM-ARNR, 2019.
  18. Ubeda de la C C, Vaño E, Ruiz R, Soffia P, Fabri D. Niveles de referencia para diagnóstico: una herramienta efectiva para la protección radiológica de pacientes. *Rev Chil Radiol* 2019; 25(1):19-25. doi: 10.4067/S0717-93082019000100019.
  19. Azpeitia Arman FJ, Puig Domingo J, Soler Fernández R. Sistema endocrino. En: Sociedad Española de Radiología Médica; Azpeitia Arman FJ, Puig Domingo J, Soler Fernández R. Manual para técnico superior en imagen para el diagnóstico y medicina nuclear. Madrid: Panamericana, 2016:87-93.
  20. Andersson M, Johansson L, Minarik D, Leide-Svegborn S, Mattsson S. Effective dose to adult patients from 338 radiopharmaceuticals estimated using ICRP biokinetic data, ICRP/ICRU computational reference phantoms and ICRP 2007 tissue weighting factors. *EJNMMI Phys* 2014; 1(1):9. doi: 10.1186/2197-7364-1-9.

#### Contribución de autores

Lucas Rodríguez, ORCID 0000-0002-1980-7934. Concepción, ejecución, diseño, análisis, interpretación de resultados y redacción del artículo.

Matías Rodríguez, ORCID 0000-0001-8209-9670. Concepción, ejecución, diseño, análisis, interpretación de resultados y redacción del artículo.

Agustina Roberts, ORCID 0000-0001-8223-131X. Concepción, ejecución, diseño, análisis, interpretación de resultados y redacción del artículo.

Natalia Viera, ORCID 0000-0002-5925-5687. Diseño, análisis, interpretación de los resultados.

Natalia Huart, ORCID 0000-0002-7862-604. Diseño, análisis y revisión crítica del artículo.

Sergio Rodríguez, ORCID 0000-0002-3676-8738. Análisis, interpretación de los resultados, revisión crítica del artículo.

Enzo Silvera, ORCID 0000-0001-7141-206X. Concepción, análisis, interpretación de los resultados, redacción y revisión crítica del artículo.

Juan Carlos Hermida, ORCID 0000-0003-4789-5318. Diseño, redacción y revisión crítica del artículo.

Omar Alonso, ORCID 0000-0002-7491-1144. Diseño, redacción y revisión crítica del artículo.