

Evaluación de la dosis absorbida en los pulmones debido al Xe^{133} y Tc^{99m} (MAA)

Vásquez Arteaga Marcial^{1/2}, Murillo Caballero Frank¹, Castillo Diestra Carlos¹,
Rojas Pereda Enrique³, Rocha Jara Jorge¹, Sifuentes Díaz Yenny¹,
Sánchez Sandoval Paulino¹ Márquez Pachas Fernando⁴

¹ Universidad Nacional de Trujillo (UNT), Av. Juan Pablo II, s/n, Trujillo, Perú

² Universidad César Vallejo (UCV), Av. Larco, Cuadra 17, Trujillo, Perú

³ Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), Av. Canada 1470, Lima, Perú

⁴ Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas (INEN), Av. Angamos 2520, Lima, Perú

E-mail: marvva@hotmail.com

Abstract

The absorbed dose in lungs of an adult patient has been evaluated using the biokinetics of radiopharmaceuticals containing Xe^{133} or Tc^{99m} (MAA). The absorbed dose was calculated using the MIRD formalism, and the Cristy-and-Eckerman lungs model. The absorbed dose in the lungs due to ^{133}Xe is 0.00104 mGy/MBq. Here, the absorbed dose due to remaining tissue, included in the ^{133}Xe biokinetics is not significant. The absorbed dose in the lungs, due Tc^{99m} (MAA), is 0.065 mGy/MBq. Approximately, 4.6% of the absorbed dose is due to organs like liver, kidneys, bladder, and the rest of tissues, included in the Tc^{99m} biokinetics. Here, the absorbed dose is very significant to be overlooked. The dose contribution is mainly due to photons emitted by the liver.

Keywords: Lungs; MIRD dosimetry; Xe^{133} ; Tc^{99m} (MAA).

1.- INTRODUCCIÓN

El estimado de dosis absorbida por los pulmones de un adulto, durante estudios de captación, puede ser realizado a través del análisis de la biocinética de radiofármacos utilizados, que contengan el Tc^{99m} (MAA) o el Xe¹³³.

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

Para estimar la dosis absorbida por los pulmones, debido a las contribuciones dosimétricas de los órganos de la biocinética, fueron utilizados el formalismo MIRD y la representación de Cristy-Eckerman para dichos órganos. Medical Internal Radiation Dosimetry considera las ecuaciones [Asociación Argentina de Biología y Medicina Nuclear, 2013]:

$$\frac{D_{\text{fotones}}(\text{pulmones})}{A_0} = \sum_{i=1} \left[\sum_k \Delta_k \Phi_k (\text{pulmones} \leftarrow i) \right] \tau_i \quad \text{rad} / \mu\text{Ci}$$

$$\frac{D_{\text{particle}}(\text{pulmones} \leftarrow \text{pulmones})}{A_0} = \left[\bar{E}_{\text{particle}} \frac{\tau_{\text{pulmones}}}{m_{\text{pulmones}}} + \bar{E}_{\text{particle}} \frac{\tau_{\text{TB}}}{m_{\text{TB}}} \right] \times 2,13 \quad \text{rad} / \mu\text{Ci}$$

τ_{TB} = tiempo de residencia del cuerpo total

m_{TB} = masa total del cuerpo

Las fracciones absorbidas, Φ_k (tiroides $\leftarrow i$) g⁻¹, de los “i” órganos analizados (pulmones, hígado, riñones, vejiga, tejido restante para el Tc^{99m} (MAA); pulmones, y tejido restante, para el Xe¹³³), para las energías de fotones “k” del Tc^{99m} y del Xe¹³³ fueron obtenidas de ORNL/TM-8381/V7 [Cristy y Eckerman, 1987a]. Los tiempos de residencia, de los mencionados radiofármacos, en cada órgano de la biocinética, dados en las tablas 1 y 2, fueron obtenidas de la página web [HPS, 2013a].

Tabla 1.- Tiempos de residencia (horas) para órganos de la biocinética del Tc^{99m} (MAA) [HPS, 2013a]

RFM	Órganos				Tejido restante (excluyendo la vejiga)
	Pulmones	Higado	Riñones	Vejiga	
Tc-99m (MAA)	4.890	1.04	0.018	0.217	7.6

Tabla 2.- Tiempos de residencia (horas) para órganos de la biocinética del Xe¹³³ (“rebreathing” for 5 minutes) [HPS, 2013a]

RFM	Órganos	
	Pulmones	Resto del Cuerpo
Xe ¹³³	0.013	0.533

$\Delta_k = 2,13 n_k E_k \left(\frac{rad - gm}{\mu Ci - hr} \right)$, representa la energía media de los “k” fotones emitidos en el decaimiento del Tc^{99m} (MAA) y del Xe¹³³, dados en Tabla 3, fueron obtenidas de página web [HPS, 2013b].

Tabla 3.- Data nuclear para fotones emitidos (MeV) del Tc^{99m} y Xe¹³³ más significativos [HPS, 2013b]

RFM	Fotones	E_k (Me V)	n_k /des	$\Delta_k = 2,13 n_k E_k \left(\frac{rad - gm}{\mu Ci - hr} \right)$
Tc ^{99m}	Gamma	0,1405	0,8906	0,2665
		0,1426	0,0002	0,0001
	Radiación Característica	0,0183	0,021	0,0008
		0,0184	0,040	0,0016
		0,0206	0,012	0,0005
Xe ¹³³	Gamma	0.1606	0.0007	0.0002

	0.0796	0.0027	0.0004
	0.0810	0.3800	0.0656
Radiación Característica	0.0306	0.1410	0.0092
	0.0310	0.2620	0.0173
	0.0350	0.0940	0.0070

$\bar{E}_{particle}$ (MeV/des.), representa la energía media de partículas emitidas por el Tc^{99m} (MAA) y Xe¹³³, es decir, representa a los electrones que aparecen en los procesos de decaimiento, por captura y electrones Auger; están dadas en la Tabla 4 y fueron obtenidos de página Web [HPS, 2013b].

Tabla 4.- Data nuclear para partículas emitidas (MeV) del Tc^{99m} y Xe¹³³ más significativos [HPS, 2013b]

RFM	Partículas	E _k (MeV)	n _k /des	$n_k E_k$ (MeV / des)	$\bar{E}_{particle} = \sum n_k E_k$ (MeV / des)	
Tc ^{99m}	Electrones de Conversión	0,1195	0,088	0,01052	0,01439	
		0,1216	0,0055	0,00067		
		0,1375	0,0107	0,0015		
		0,1396	0,0017	0,00024		
		0,140	0,0019	0,00026		
		0,0016	0,746	0,0012		
	Electrones Auger	0,0022	0,102	0,00022	0,00054	
		0,0155	0,0207	0,00032		
	Xe ¹³³	Beta	0.0750	0.0081	0.00061	0.1001
			0.1005	0.9900	0.09949	
Electrones de Conversión		0.0436	0.0041	0.00018	0.03284	
		0.0450	0.5510	0.02479		
		0.0753	0.0820	0.00617		
		0.0798	0.0169	0.00135		
		0.0808	0.0044	0.00035		
Electrones Auger		0.0035	0.5100	0.00178	0.00326	
	0.0255	0.0582	0.00148			

Valores de masa de los pulmones, así como del resto de órganos de la biocinética, fueron obtenidos de ORNL/TM-8381 /V1 [Cristy y Eckerman, 1987b].

Tabla 5.- Data nuclear Valores de masa (g) para riñones y cuerpo total adulto en la representación representación Cristy –Eckerman [Cristy y Eckerman, 1987b]

Masa (gramos)	ADULTO
Pulmones	1000
Resto de tejidos (TB)	73700

Utilizando el esquema MIRD y la representación de Cristy-Eckerman para los pulmones de pacientes adultos, el estudio consiste en determinar si las contribuciones dosimétricas de los órganos de la biocinética (excluyendo los pulmones) de los radiofármacos Tc^{99m} (MAA), y Xe^{133} , son significativas en el estimado de la dosis absorbida.

3.- RESULTADOS

Tabla 6.- Dosis absorbida en pulmones de adulto, debido al Tc^{99m} (MAA) y del Xe^{133} , en la representación Cristy-Eckerman y formalismo MIRD (mGy/MBq)

RFM	Emisiones	D(pulm←pulm)/A ₀	D(pulm←i)/A ₀ *	Sub-total	Total (mGy/MBq)
Tc^{99m} (MAA)	Fotones γ	0.0179 (27.5%)	0.003	0.023	0.065
	Radiación-x	0.0021 (3.2%)	(4.6%)	(35.4%)	
	e- CI	0.0405 (62.3%)	-	0.042	
	e- Auger	0.0015 (2.3%)	-	(64.6%)	
Xe^{133} (rebreathing for 5 minutes)	Fotones γ	0.00002 (1.9%)	<0.01%	0.00005	0.00106
	Radiación-x	0.00003 (2.8%)		(4.7%)	
	β^-	0.00075 (70.8%)	-	0.00101	
	e- CI	0.00024 (22.6%)	-	(95.3%)	
	e- Auger	0.00002 (1.9%)	-		

(*) i= todos los órganos fuente excepto pulmones;

4.- DISCUSION

Los resultados obtenidos en la tabla 6, muestran:

(1) **Dosis para Tc^{99m} (MAA): 0,065 mGy / MBq**; el 95.3% corresponden a su **auto-dosis** (62.3 % a electrones de conversión, 2.3 % a electrones Auger, 27.5 % a fotones gamma y 3.2% a radiaciones características); y el 4.6 % restante, al Hígado Riñones Vejiga y tejido restante, incluidos biocinética del Tc^{99m} (MAA). Esta contribución dosimétrica, es un valor significativo como para ser ignorado

(2) **Dosis para Xe¹³³ (rebreathing for 5 min): 0,0106 mGy / MBq**; el 99.9% de la dosis corresponden a su **auto-dosis** (70.8 % a emisiones beta, β^- ; 22.6 % a electrones de conversión; 1.9 % a electrones Auger; 1.9 % a fotones gamma y 2.8 % a radiación característica). La contribución dosimétrica del tejido restante, incluida en la biocinética del Xe¹³³ es **insignificante**.

Los resultados de dosis absorbida obtenidos para los pulmones de un adulto, son consistentes con los publicados en PEDOSE [Radiation Dose Estimates to Adults and Children from Various Radiopharmaceuticals, 2014]

Dependiendo del tipo de radiofármaco usado y su biocinética, corresponderá la significancia de sus contribuciones en el estimado de dosis absorbidas por los pulmones [Vásquez, A.M, Diaz. E. *et al*, 2015; Vásquez A. M, Castillo D. C *et al*, 2015].

5.- CONCLUSIONES

Utilizando la metodología MIRD y la representación Cristy-Eckerman para pulmones de pacientes adultos, se demuestra que, las contribuciones dosimétricas de órganos que hacen parte de la biocinética (excluyendo los pulmones) del Xe¹³³ **no son significativos** en el estimado de dosis. La dosis total absorbida por los pulmones es su auto-dosis. Mientras que las contribuciones dosimétricas del Tc^{99m} (MAA), excluyendo los pulmones, es **significativo** en el estimado de la dosis absorbida como para ser ignorada.

REFERENCIAS

- ASOCIACION ARGENTINA DE BIOLOGÍA Y MEDICINA NUCLEAR. (2013). *Dosis de radiación recibida por los pacientes tras la administración de radiofármacos*. [Disponible en: aabymn.org.ar/archivos/dosisradiacion.pdf]
- CRISTY M. y ECKERMAN K. (1987a) *Specific absorbed fractions of energy at various ages from internal photons Sources*, Oak Ridge, TN: ORNL/TM-8381 /V7
- CRISTY M. y ECKERMAN K. (1987b) *Specific absorbed fractions of energy at various ages from internal photons Sources. Methods*, Oak Ridge, TN: ORNL/TM-8381 / V1
- HEALTH PHYSICS SOCIETY. (2013a) *Kinetic Models Used as the Basic for the Dose Estimates*, < www.doseinfo-radar.com/NMdoses.xls> [Consultado en ... 2015]
- HEALTH PHYSICS SOCIETY. (2013b) *Kinetic Models Used as the Basic for the Dose Estimates*, <<http://hps.org/publicinformation/radardecaydata.cfm>>[Consultado en ... 2015]
- RADIATION INTERNAL DOSE INFORMATION CENTER . (2014) *Radiation Dose Estimates to Adults and Children from Various Radiopharmaceuticals*. [Disponible en: orise.orau.gov/files/reacts/pedose.pdf]
- QUIMBY, E., FEITELBERG, S., GROSS, W. (1970). *Radiactive Nuclides in Medicine and Biology*. Third edition. Lea & F. Philadelphia
- VÁSQUEZ, AM.; DIAZ E.E; CASTILLO C. E. (2015) *Evaluación de la dosis absorbida durante estudios de la función renal debido al I-123 / I-131 (Hippuran) e In-111 (DPTA)*, Braz. J. Rad. Sci.
- VÁSQUEZ, AM.; CASTILLO, DC.; VASQUEZ, DJ.; ROCHA MD.; GARCIA, RW. (2015) *Dosimetric evaluation due to radiation in thyroid issued by the Tc-99m and I-131* ; Int. Res. J. Eng. Sci. Technol. Innov; Vol.4,No.1.