

Evaluación de la dosis absorbida en los riñones debido al Tc^{99m} (DTPA) / Tc^{99m} (MAG3) y Tc^{99m} (DMSA)

Vásquez Arteaga Marcial^{1/2}, Murillo Caballero Frank¹, Castillo Diestra Carlos¹,
Idrogo Cordova Julio³, Rocha Jara Jorge¹, Sifuentes Díaz Yenny¹,
Sánchez Sandoval Paulino¹, Márquez Pachas Fernando³

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

E-mail: marvva@hotmail.com

Abstract

La dosis absorbida en los riñones de pacientes adultos ha sido evaluada usando la biocinética de los radiofármacos que contienen Tc^{99m} (DTPA)/ Tc^{99m} (MAG3) o del Tc^{99m} (DMSA). La dosis absorbida fue calculada utilizando el formalismo MIRD, y la representación Cristy-Eckerman para los riñones. La dosis absorbida en los riñones, debido a Tc^{99m} (DTPA) / Tc^{99m} (MAG3), están dadas por $0,00466 \text{ mGy.MBq}^{-1}$ / $0,00339 \text{ mGy.MBq}^{-1}$. Aproximadamente, 21,2 % / 8,8 % de la dosis absorbida es debido a la vejiga (contenido) y al tejido restante, incluidos en la biocinética de Tc^{99m} (DTPA)/ Tc^{99m} (MAG3). La dosis absorbida en los riñones debido al Tc^{99m} (DMSA) es $0,17881 \text{ mGy.MBq}^{-1}$. Aquí, 1,7% de la dosis absorbida es debido a la vejiga, bazo, hígado y al tejido restante, incluidos en la biocinética del Tc^{99m} (DMSA)

Keywords: Riñones; Dosimetría MIRD; DTPA / MAG3 y DMSA

1.- INTRODUCCIÓN

El estimado de dosis absorbida por los riñones, durante estudios de la función renal de pacientes adultos, puede ser realizado a través del análisis de la biocinética de radiofármacos utilizados, que contengan Tc^{99m} (DTPA)/ Tc^{99m} (MAG3) o Tc^{99m} (DMSA).

2.-MATERIALES Y MÉTODOS

Para estimar la dosis absorbida por los riñones, 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]:

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

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

τ_{TB} = tiempo de residencia del cuerpo total

m_{TB} = masa total del cuerpo

Las fracciones absorbidas, $\Phi_k(\text{riñones} \leftarrow i)$ g⁻¹, de los “i” órganos analizados (i: riñones, vejiga y resto del tejido, para DTPA / MAG3; riñones, hígado, bazo, vejiga y tejido restante, para el DMSA), para las energías de fotones “k” del Tc^{99m} 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} (DTPA)/ Tc^{99m} (MAG3) [HPS, 2013a]

RFM	Órganos	Riñones	Vejiga contenido.	Resto de tejidos
	Tc ^{99m} (DTPA)		0.073	1,510
Tc ^{99m} (MAG3)		0.065	2.61	0,232

Tabla 2.- Tiempos de residencia (horas) para órganos de la biocinética del Tc^{99m} (DMSA) [HPS, 2013a]

RFM	Órganos	Riñones (cortex)	Vejiga contenido.	Resto de tejido	Bazo	Higado
	Tc ^{99m} (DMSA)		3,71	0,40	6,770	0,042

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

Tabla 3.- Data nuclear para fotones emitidos (MeV) del Tc^{99m} 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

$\bar{E}_{particle}$ (MeV/des), representa la energía media de partículas emitidas por el Tc^{99m} , 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} 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	

Valores de masa de los riñones, así como del tejido restante 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
Riñones	299
Cuerpo Total (TB)	73700

Utilizando el esquema MIRD y la representación de Cristy-Eckerman para los riñones de pacientes adultos, el estudio consiste en determinar si las contribuciones dosimétricas de los órganos de la biocinética (excluyendo los riñones) de los radiofármacos Tc^{99m} (DPTA)/

Tc^{99m} (DMSA), y Tc^{99m} (MAG3), son significativas en el cálculo de la dosis absorbida durante estudios de la función renal.

3.- RESULTADOS

Tabla 6.- Dosis absorbida en riñones de adulto, debido al Tc^{99m} (DPTA)/ Tc^{99m} (DMSA) y del Tc^{99m} (MAG3), en la representación Cristy-Eckerman y formalismo MIRD (mGy/MBq)

RFM	Emisiones	D(riñ←riñ)/A ₀	D(riñ←i)/A ₀ *	Sub-total	Total (mGy/MBq)
Tc ^{99m} (DTPA)	Fotones γ	0.00123 (26.4%)	0.00099 (21.2%)	0.00234 (50.2%)	0.00466
	Radiación-x	0.00012 (2.6%)			
	e- CI	0.00224 (48.1%)		0.00232 (49.8%)	
	e- Auger	0.00008 (1.7%)	-		
Tc ^{99m} (DMSA)	Fotones γ	0.06248 (34.9%)	0.00307 (1.7%)	0.07184 (40.1%)	0.17881
	Radiación-x	0.00629 (3.5%)			
	e- CI	0.10309 (57.6%)		0.10697 (59.8%)	
	e- Auger	0.00388 (2.2%)	-		
Tc ^{99m} (MAG3)	Fotones γ	0.00109 (32.2%)	0.00030 (8.8%)	0.00150 (44.2%)	0.00339
	Radiación-x	0.00011 (3.2%)			
	e- CI	0.00182 (53.7%)		0.00189 (55.8%)	
	e- Auger	0.00007 (2.1%)	-		

(* i= todos los órganos fuente excepto los riñones;

4.- DISCUSION

Los resultados obtenidos en la tabla 6, muestran:

(1) Dosis para Tc^{99m} (DMSA): 0,17781 mGy / MBq: el 98.2% de la dosis corresponden a su **auto-dosis** (57.6 % a electrones de conversión, 2.2 % a electrones Auger, 34.9 % a fotones gamma y 3.5% a radiaciones características); y el 1.7 %, restante, a los órganos de la vejiga, bazo, hígado y tejido restante, incluidos en la biocinética del Tc99m (DMSA).Las contribuciones dosimétricas se debe básicamente a fotones emitidos por la vejiga y al resto de órganos (tejido restante).

(2) **Dosis para Tc^{99m} (DTPA): 0.00466 mGy / MBq**: el 78.8% de las dosis corresponden a su **auto-dosis** (48.1 % a electrones de conversión, 1.7 % a electrones Auger, 26.4 % a fotones gamma y 2.6% a radiaciones características); y el **21.2 %**, restante, a la vejiga y tejido restante incluidos en la biocinética del Tc99m (DTPA). Las contribuciones dosimétricas se deben básicamente a fotones emitidos por el tejido restante.

(3) **Dosis para Tc^{99m} (MAG3): 0,00339 mGy / MBq**: el 91.2% de la dosis corresponden a su **auto-dosis** (53.7 % a electrones de conversión, 2.1 % a electrones Auger, 32.2 % a fotones gamma y 3.2% a radiaciones características); y el **8.8 %**, restante, a los órganos de la vejiga y tejido restante incluidos en la biocinética del Tc99m (MAG3). Las contribuciones dosimétricas se deben básicamente a fotones emitidos por el tejido restante.

En todos los casos, las contribuciones dosimétricas de los órganos, que hacen parte de la biocinética de los radiofármacos utilizados (se excluye los riñones) son significativas como para ser ignoradas.

Los resultados de dosis absorbida obtenidos para los riñones de un adulto, son congruentes con los publicados en ICRP-53 [Drugs a, 2015, Drugs b, 2015, Drugs c, 2015].

Dependiendo del tipo de radiofármaco usado y su biocinética, corresponderá la significancia de sus contribuciones en el estimado de dosis absorbidas por los riñones [Vásquez, Díaz, Castillo *et al*, 2015; Vásquez, Castillo, Vásquez *et al*, 2015]

5.- CONCLUSIONES

Utilizando la metodología MIRD y la representación Cristy-Eckerman para riñones de pacientes adultos, se demuestra que, durante estudios de la función renal, las contribuciones dosimétricas de órganos, que hacen parte de la biocinética (excluyendo los riñones) de Tc-99m (DPTA)/ Tc-99m (DMSA), y del Tc-99m (MAG3), son muy significativas en el estimado de la dosis absorbida por el paciente.

REFERENCIAS

- ASOCIACION ARGENTINA DE BIOLOGÍA Y MEDICINA NUCLEAR. *Dosis de radiación recibida por los pacientes tras la administración de radiofármacos*. aabymn.org.ar/archivos/dosisradiacion.pdf. (2013).
- CRISTY M. y ECKERMAN K.. *Specific absorbed fractions of energy at various ages from internal photons Sources*, Oak Ridge, TN: ORNL/TM-8381 /V7, (1987a)
- CRISTY M. y ECKERMAN K. “Specific absorbed fractions of energy at various ages from internal photons Sources. Methods”, Oak Ridge, TN: ORNL/TM-8381 / V1(1987b)
- HEALTH PHYSICS SOCIETY. *Kinetic Models Used as the Basic for the Dose Estimates*, www.doseinfo-radar.com/NMdosess.xls (2013a)
- HEALTH PHYSICS SOCIETY. *Kinetic Models Used as the Basic for the Dose Estimates*, <http://hps.org/publicinformation/radardecaydata.cfm>,(2013b).
- QUIMBY, E., FEITELBERG, S., GROSS, W. (1970) . *Radiactive Nuclides in Medicine and Biology*. Third edition. Lea & F. Philadelphia.
- DRUGS a (online). Technetium Tc 99m succimer.
<http://www.drugs.com/mmx/technetium-tc-99m-succimer.html> [Recuperado, junio, 2015]
- DRUGS b (online). Technetium Tc 99m pentetate.
<http://www.drugs.com/mmx/technetium-tc-99m-pentetate.html> [Recuperado, junio, 2015]
- DRUGS c (online). Technetium Tc 99m mertiatide
<http://www.drugs.com/mmx/technetium-tc-99m-mertiatide.html> [Recuperado, junio, 2015]
- VÁSQUEZ, M, DÍAZ, E., CASTILLO, C. et.al., “EVALUACIÓN DE LA DOSIS ABSORBIDA DURANTE ESTUDIOS DE LA FUNCIÓN RENAL DEBIDO AL I123 / I131 (Hippuran) E In111 (DPTA)”, Vásquez, M. V. et. al. • Braz. J. Rad. Sci. • 2015
- VÁSQUEZ, AM.; CASTILLO, DC.; VÁSQUEZ, DJ.; ROCHA MD.; GARCIA, RW. Dosimetric evaluation due to radiation in thyroid issued by the Tc-99m and I-131 ; Int. Res. J. Eng. Sci. Technol. Innov. 2015;Vol.4,No.1.