



## Contribucion dosimétrica de órganos de la Biocinética del $Tc^{99m}$ y $I^{123}$ para estimar dosis en tiroides de niños de 1 y 5 años

M. V. Vásquez<sup>a,b</sup>, R. Quispe<sup>c</sup>, C. E. Castillo<sup>a</sup>, D. M. Abanto<sup>a</sup>, D. Rocha<sup>a</sup>, W. H. Garcia<sup>a</sup>, K. Marin<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n, Trujillo-Perú

<sup>b</sup> Universidad Cesar Vallejo Av. Larco s/n, Trujillo-Perú: Grupo de Física Médica

<sup>c</sup> Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, UNAM. Apdo. Postal 70-360, Cd.

Universitaria, México, D.F., 04510, México

marvva@hotmail.com

---

### ABSTRACT

Se estima la dosis absorbida por la tiroides durante estudios de captación, a través de la biocinética de los radiofármacos que contengan  $I^{123}$  (yoduro) o el  $Tc^{99m}$  (pertechnetato). Utilizando el formalismo MIRD y la representación de Cristy-Eckerman para la tiroides de niños de 1 y 5 años, se demuestra que la dosis absorbida por la glándula debido a las emisiones del  $I^{123}$  (yoduro) es su auto dosis, están dados por 28,901mGy/MBq y 15,475mGy/MBq para niños de 1 y 5 años respectivamente; la contribución dosimétrica de órganos que hacen parte de su biocinética (excluyendo la tiroides) no es significativa en el estimado de su dosis. La dosis absorbida por la glándula debido a las emisiones del  $Tc^{99m}$  (pertechnetato) es 0,211 mGy/MBq y 0,112mGy/MBq para niños de 1 y 5 años respectivamente; corresponden el 4,27 % y el 4,46% de dichas dosis a contribuciones dosimétrica de órganos que hacen parte de su biocinética (excluyendo la tiroides), y son muy significativas en el estimado de dosis como para ser ignorados.

*Palabras claves:* Dosimetría Interna, I-123 y Tc-99m, Biocinética del yoduro y pertechnetato.

---

## 1. INTRODUCCION

Para estimar de dosis absorbida por la glándula tiroides de niños, durante estudios de captación, puede ser realizado a través del análisis de la biocinética de radiofármacos utilizados, que contengan el  $I^{123}$  (yoduro) o el  $Tc^{99m}$  (pertechnetato)

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para estimar la dosis debido a las contribuciones dosimétricas de los órganos de la biocinética en la tiroides en niños de 1 y 5 años, fueron utilizados el formalismo MIRD y la representación de Cristy-Eckerman para dichos órganos. Medical Internal Radiation Dosimetry considera las ecuaciones (Sociedad Española de Radio Farmacia, 2013):

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

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

$\tau_{TB}$  = tiempo de residencia del cuerpo total

$m_{TB}$  = masa total del cuerpo

Las fracciones absorbidas  $\Phi_k$  ( tiroides  $\leftarrow$  i )  $g^{-1}$  de los “i” órganos analizados (órganos de la biocinética), para las energías de fotones “k” del  $I^{123}$  y del  $Tc^{99m}$  fueron obtenidas de ORNL/TM-8381/V7 (Cristy y Eckerman, 2013b, Cristy y Eckerman, 2013c) .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 (Health Physics Society, 2011)

**Tabla 1:** Tiempos de residencia (horas) y biocinética para Tc<sup>99m</sup> (pertechnetato) (Health Physics Society, 2011)

Órganos	Tiroides	Estomago contenido	ULI contenido	Riñones	Vejiga contenida	LLI contenido	Resto del cuerpo
Tiempo de residencia	0.037	0.154	0.743	0.033	0.345	0.363	4.32

**Tabla 2:** Tiempos de residencia (horas) y biocinética para I<sup>123</sup> (yoduro) (Health Physics Society, 2011)

	Edad (años)	Tiroides	Estómago contenido	Intestino delgado	Riñón	Vejiga contenida	Resto del cuerpo
Tiempo de residencia	1	2.910	1.08	1.08	0.062	0.833	5.03
	5	2.920	1.08	1.08	0.062	0.833	5.03

$\Delta_k = 2,13 n_k E_k \left( \frac{rad - gm}{\mu Ci - hr} \right)$ , representa la energía media de los “k” fotones emitidos por decaimiento del I<sup>123</sup> y del Tc<sup>99m</sup>, dados en la tabla 3, fueron obtenidas de página web (Health Physics Society, 2012).

**Tabla 3:** Data nuclear para fotones emitidos (MeV) del I<sup>123</sup> y Tc<sup>99m</sup> más significativos (Health Physics Society, 2012)

RFM	Fotones	$E_k$ (Me V)	$n_k$ /des	$\Delta_k = 2,13 n_k E_k \left( \frac{rad - gm}{\mu Ci - hr} \right)$
I <sup>123</sup>	Gamma	0,159	0,833	0,2821
		0,529	0,0139	0,0157
	Radiación Característica	0,0272	0,246	0,0142
		0,0275	0,460	0,0269
		0,0310	0,160	0,01056
Tc <sup>99m</sup>	Gamma	0,1405	0,8906	0,2665

	0,1426	0,0002	0,00006
Radiación Característica	0,01832	0,021	0,0008
	0,0184	0,0402	0,00335
	0,0206	0,012	0,00053

$\bar{E}_{particle}$  (MeV/des.), representa la energía media de partículas emitidas por el  $I^{123}$  y del  $Tc^{99m}$ , 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 tomados de página Web (Health Physics Society, 2012).

**Tabla 4:** Data nuclear para partículas emitidas (MeV) del  $I^{123}$  y  $Tc^{99m}$  más significativos (Health Physics Society, 2012)

RFM	Partículas	$E_k$ (MeV)	$n_k$ /des	$n_k E_k$ (MeV / des)	$\bar{E}_{particle} = \sum n_k E_k$ (MeV / des)
$I^{123}$	Electrones de Conversión	0,1272	0,136	0,0173	0,0205
		0,1540	0,0177	0,0027	
		0,1580	0,0035	0,00055	
	Electrones Auger	0,0032	0,94	0,0030	0,0058
		0,0227	0,1235	0,0028	
	$Tc^{99m}$	Electrones de Conversión	0,1195	0,088	0,0105
0,1216			0,0055	0,00066	
0,137			0,0107	0,0015	
0,1396			0,0048	0,00067	
0,140			0,019	0,00266	
Electrones Auger		0,0016	0,746	0,0012	0,00054
		0,0022	0,102	0,00022	
		0,0155	0,0207	0,00032	

Valores de masa de los riñones, del contenido de la vejiga, así como del cuerpo total, fueron obtenidos de ORNL/TM-8381 /V1 (Cristy y Eckerman, 2013a).

**Tabla 5:** Valores de la masa en la representación de Cristy –Eckerman (Cristy y Eckerman, 2013a).

Edad (años)	Masa de la Tiroides ( $m_T$ ) (gramos)	Masa del cuerpo ( $m_{TB}$ ) (gramos)
1	1.78	9720
5	3.45	19800

Utilizando el esquema MIRD y la representación de Cristy-Eckerman para la tiroides en niños de 1 y 5 años, el estudio consiste en determinar si las contribuciones dosimétricas de los órganos de la biocinética del  $I^{123}$  (yoduro) y  $Tc^{99m}$  (pertenecnetato), son significativas en el estimado de la dosis absorbida durante estudios de captación tiroidea

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

**Tabla 6:** Dosis Absorbida de las emisiones  $I^{123}$  (yoduro) y  $Tc^{99m}$  (pertenecnetato), en tiroides de niños 1 año representación Cristy-Eckerman, formalismo MIRD (mGy/MBq)

Radiofármaco	Emisiones	$\frac{D(T \leftarrow T)}{A_0}$	$\frac{D(T \leftarrow T)^*}{A_0}$	Sub- total	Total (mGy/MB)
$Tc^{99m}$	Fotones $\gamma$	0,020 (9.48%)	0,009 (4.27%)	0.0321 (5.17%)	0.211
	Radiación x	0.003 (1.42%)			
	e-CI	0,173 (81.99%)		0.179 (84.8%)	
	e <sup>-</sup> Auger	0.006 (2.84%)			
$I^{123}$	Fotones $\gamma$	1,706 (5.90%)	0.017 (0.06%)	4,196 (14.5%)	28,901

Radiación x	2,473 (8.56%)	
e-CE	19,251 (66.61%)	24,705
e <sup>-</sup> Auger	5,454 (18.87%)	(85.4%)

**Tabla 7:** Dosis absorbida de las emisiones I<sup>123</sup> (yoduro) y Tc<sup>99m</sup> (pertechnetato), en tiroides – niños 5 años representación Cristy- Eckerman , formalismo MIRD (mGy/MBq)

Radiofármaco	Emisiones	$\frac{D(T \leftarrow T)}{A_0}$	$\frac{D(T \leftarrow T)^*}{A_0}$	Sub- total	TOTAL (mGy/MBq)
Tc <sup>99m</sup>	Fotones $\gamma$	0.013 (11.61%)	0,005 (4, 46%)	0.020 (17.86%)	0.112
	X- rayos	0.002 (1.79%)			
	CI e-	0.089 (79.46%)		0.092 (82.14%)	
	e <sup>-</sup> Auger	0,003 (2,68%)			
I <sup>123</sup>	Radiación $\gamma$	1,169 (7,56%)	0,008 (0.05%)	2,683 (17,34%)	15,475
	X- rayos	1,506 (9,73%)			
	e-CE	9,968 (64,41%)		12,792 (82.66%)	
	e <sup>-</sup> Auger	2,824 (18.25%)			

\*Contribución dosimétrica a la glándula de todos los órganos de la biocinética, excepto la tiroides

Los resultados de dosis absorbida en tiroides en niños 1 y 5 años, están dados en tablas 6 y 7 y muestran que:

- (i) En tiroides de niños de 1 año la dosis absorbida del  $I^{123}$  es 28,901 mGy/MBq; el 99.94% de dicha dosis corresponde a su auto dosis (66,61% a captura electrónica; 18,87% a electrones Auger; 5.90% a fotones gamma y el 8,56% a radiación característica). El 0.06% restante, corresponde a la contribución dosimétrica de los órganos de la biocinética. La dosis absorbida en tiroides de niños de 5 años, es 15,475 mGy/MBq; el 99,95% de dicha dosis corresponde a su auto dosis (64,41% a captura electrónica; 18,25% a electrones Auger; 7,56% a fotones gamma y el 9,73% a radiación característica). El 0.05% restante, a la contribución dosimétrica de los órganos que hacen parte de la biocinética.

La insignificancia de las contribuciones dosimétricas de los órganos que hacen parte de la biocinética del yoduro, indica que la dosis estimada en la tiroides es su auto dosis.

- (ii) En tiroides de niños de 1 año la dosis absorbida del  $Tc^{99m}$  es 0,211 mGy/MBq; el 95,73 % de dicha dosis corresponden a su auto dosis (81,99% a electrones de conversión, 2.84 % a electrones Auger, 9.48 % a fotones gamma y 1.42 % a radiaciones características). El 4,27 % restante, corresponde a contribuciones dosimétricas de órganos de la biocinética. La dosis absorbida en tiroides de niños de 5 años es 0,112 mGy/MBq; el 95,54 % de dicha dosis corresponden a su auto dosis (79,46% a electrones de conversión, 2.68 % a electrones Auger, 11,61% a fotones gamma y 1.79% a radiaciones características). El 4,46 % restante, corresponde a contribuciones dosimétricas de órganos de la biocinética, valores significativos como para ser ignorado.

Las contribuciones dosimétricas de los órganos, que hacen parte de la biocinética del  $Tc^{99m}$  (excepto la tiroides) son muy significativas como para ser ignoradas. Dependiendo del tipo de radiofármaco usado y su biocinética, corresponderá la significancia de sus contribuciones en el estimado de dosis absorbidas por la tiroides de niños (Quimby, Feitelberg y Gross, 1970; Vásquez, Castillo et al, 2015).

#### 4. CONCLUSIONES

Las contribuciones dosimétricas de órganos de la biocinética de las emisiones del  $I^{123}$  (yoduro) no son significativos en el estimado de dosis tiroides de niños de 1 y 5 años. La dosis total absorbida por la glándula de es su auto dosis. Mientras que las contribuciones dosimétricas de la biocinética debido al  $Tc^{99m}$  (pertecnato) en la tiroides de niños de 1 y 5 años son significativas como para ser ignoradas.

#### REFERENCIAS

CRISTY, M, ECKERMAN, K. Specific absorbed fractions of energy at various ages from internal photons sources. I. Methods 1987. Recuperado el 5 de mayo de 2012: <http://ordose.ornl.gov/documents/tm8381V1.pdf>.

CRISTY, M, ECKERMAN, K. Specific absorbed fractions of energy at various ages from internal photons sources. II .One-Year-Old 1987. Recuperado el 5 de mayo de 2012, de: <http://ordose.ornl.gov/documents/tm8381V2.pdf>.

CRISTY, M, ECKERMAN, K. Specific absorbed fractions of energy at various ages from internal photons sources. III .Five-Year-Old 1987. Recuperado el 5 de mayo de 2012, de: <http://ordose.ornl.gov/documents/tm8381V3.pdf>

HEALTH PHYSICS SOCIETY. Kinetic Models Used as the Basic for the Dose Estimates. Recuperado el 5 de mayo de 2011, de: [www.doseinfo-radar.com/NMdoses.xls](http://www.doseinfo-radar.com/NMdoses.xls)

HEALTH PHYSICS SOCIETY. Radionuclide Decay Data. Recuperado el 5 de mayo de 2012, de: <http://hps.org/publicinformation/radardecaydata.cfm>



QUIMBY, E., FEITELBERG, S., GROSS, W. Radiative Nuclides in Medicine and Biology. Third edition. Lea & F. Philadelphia; 1970.

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE RADIO FARMACIA. Dosis de radiación recibida por los pacientes tras la administración de radiofármacos. Recuperado el 5 de mayo de 2012, de: [http://www.radiofarmacia.org/wp-content/uploads/2009/07/Dosis\\_de\\_radiacion.pdf](http://www.radiofarmacia.org/wp-content/uploads/2009/07/Dosis_de_radiacion.pdf)

VÁSQUEZ, AM.; CASTILLO, DC.; VASQUEZ, DJ.; ROCHA MD.; GARCIA, RW. Dosimetric evaluation due to radiation in thyroid issued by the Tc<sup>99m</sup> and I<sup>131</sup>; Int. Res. J. Eng. Sci. Technol. Innov. 2015; Vol.4, No.1

PD: Work exhibited in the XIII International Symposium on Solid State Dosimetry. XXIII ISSSD-2012 Mexico