

# DOSIS ABSORBIDA EN TIROIDES DE ADULTOS Y NIÑOS DEBIDO AL $I^{123}$ UTILIZANDO LAS DOSIMETRÍAS MIRD Y MARINELLI

Marcial Vásquez<sup>1,2</sup>, Carlos Castillo<sup>1</sup>, Carlos Cabrera<sup>1</sup>  
Eduardo Diaz<sup>3</sup>, Raúl. Sarachaga<sup>1</sup>, Julio Castañeda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n, Trujillo-Perú

<sup>2</sup>Grupo de Física Médica UNT-UCV, Trujillo-Perú

<sup>3</sup>Universidad Rio Grande do Sul, Brasil

**E-mail: marvva@hotmail.com**

## Abstract

Usando la dosimetría MIRD, y representación Cristy-Eckerman en la glándula tiroidea y órganos de su biocinética cuando se usa  $I^{123}$  (yoduro), el estudio demuestra que la dosis absorbida por la glándula de un adulto, niños, y recién nacidos, es su auto-dosis, independiente del número de compartimentos de su biocinética. Las contribuciones dosimétricas de los órganos de su biocinética son insignificantes. Sus resultados no son significativamente diferentes a los obtenidos por el formalismo MARINELLI (auto-dosis) cuando utiliza una esfera como representación glandular. En consecuencia, el modelo cinético correspondiente a la representación glandular, se reduce a un compartimento, que además, la glándula se puede representar como una esfera.

**Palabras clave:** dosimetría MIRD, MARINELLI,  $I^{123}$

## 1. INTRODUCCION

Se presenta una propuesta metodológica en el estimado de dosis absorbida por el tiroides de un adulto, niño y recién nacido cuando se utiliza  $I^{123}$  (yoduro).

Se utiliza la dosimetría MIRD y representación Cristy-Eckerman para el tiroides y órganos fuente de la biocinética\* del  $I^{123}$  (yoduro), para determinar si el estimado de dosis absorbida por la glándula de un adulto, niños, y recién nacidos corresponden a su *auto-dosis*.

Se utiliza la dosimetría de MARINELLI y representación glandular esférica para determinar si los resultados de su *auto-dosis son significativamente diferentes a los obtenidos por MIRD*.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### Dosis absorbidas por la tiroides debido a la emisión de fotones del $I^{123}$ (yoduro)

La dosis absorbida por la **glándula tiroidea** debido a **los fotones** emitidos por el  $I^{123}$  (yoduro) depositados en los órganos fuente de la biocinética\* se determina de acuerdo con el esquema **MIRD** [Stabin 1996], (rad / $\mu$ Ci):

$$\frac{D_{thy}(fotones)}{A_0} = \sum_{i=1}^6 \left[ \sum_k \Delta_k \Phi_k (thy \leftarrow i) \right] \tau_i$$

$\frac{D_{thy}}{A_0}$  : Dosis absorbida por la tiroides por unidad de actividad administrada  $A_0$

$\Phi_k (thy \leftarrow i)$  ( $g^{-1}$ ): Fracciones absorbidas específicas para los "i" órganos de la biocinética en la representación Cristy -Eckerman ; "k" son valores de energías de los fotones del  $I^{123}$  [Cristy y Eckerman 1987].

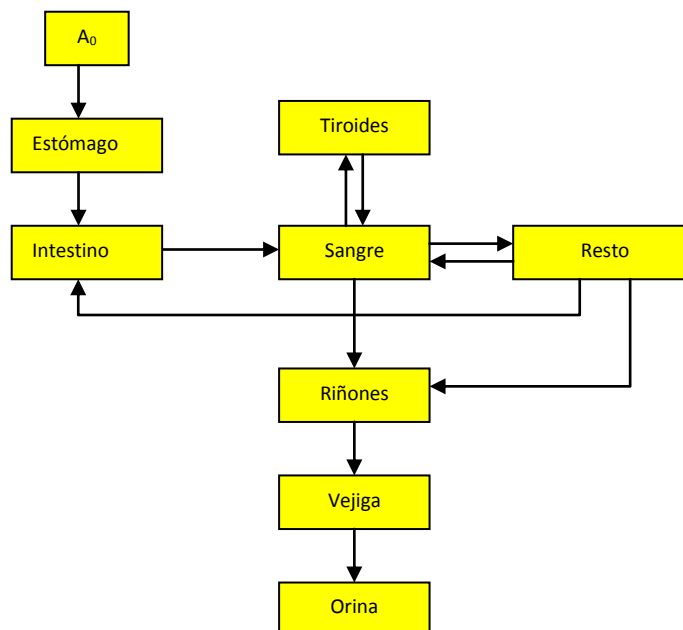


Figura 1. Modelo Biocinético cuando se administra  $I^{123}$  (yoduro) [Asociación 2013].

\*Órganos fuente de la biocinética para el yoduro: **tiroides, intestino delgado, estomago, riñones, vejiga y resto de órganos** (Figura 1).

$\tau_i$  (Horas): Tiempos de residencia de los órganos de la biocinética, se presentan en tabla 1 [HPS 2013].

$\Delta_k = 2,13 n_k E_k \left( \frac{rad - gm}{\mu Ci - hr} \right)$ : Energía media emitida por decaimiento de fotones del  $I^{123}$  del tipo k, se presentan en tabla 2 [HPS b 2013].

La dosis absorbida por el **tiroides** debido a los **fotones** emitidos por el  $I^{123}$  depositados en la glándula (auto-dosis) se determina de acuerdo con el esquema **MARINELLI** [Quimby, Feitelberg y Gross 1970],[Stabin b 2013], (rad / $\mu$ Ci) :

$$\frac{D_{fotones}}{A_0} (tiroide \leftarrow tiroide) = \frac{0,001 \rho \Gamma \bar{g} \tau_{thy}}{m_{thy}}$$

$\tau_{thy}$ , tiempo de residencia de glándula;  $\rho$  (*tejido*) = 1 g .cm<sup>-3</sup>;  $\Gamma(I-123) = 1,6 R \text{ mCi}^{-1} \cdot h^{-1}$ ;  $m_{thy}$  (g) : Masa del tiroides de diferentes edades se presentan en la tabla 4 [Cristy y Eckerman b 1987];

$\bar{g}$  (cm): Factor geométrico promedio para el tiroides representada por 02 esferas de radio r dado por  $\bar{g} = 3 \pi r$ . Valores  $\bar{g}$  para tiroides de diferentes edades se presentan en tabla 4

### **Dosis absorbidas en la tiroides debido a partículas emitidas por el $I^{123}$**

La dosis absorbida por el tiroides debido a las **partículas** emitidas por el  $I^{123}$  que son depositados por la glándula, se puede expresar como [Stabin b 2013] (rad/ $\mu$ Ci):

$$\frac{D_{particles}}{A_0} (thy \leftarrow thy) = \bar{E}_{particle} \left( \frac{\tau_{thy}}{m_{thy}} \right) \times 2.13$$

$\frac{D_{particles}}{A_0} (thy \leftarrow thy)$  :Auto-dosis;  $\bar{E}_{particle}$  (MeV/des.), energía media de emisiones de partículas del  $I^{123}$ ).La deposición local de la energía” de los electrones que aparecen en los procesos de decaimiento del  $I^{123}$  (por captura y electrón Auger ),están dadas en la tabla 3 .

Tabla 1: Tiempos de residencia (h) para Órganos de la biocinética del I<sup>123</sup> (yoduro)[HPS 2013]

| Tiempo de Resistencia | Tiroides | Estómago | Intestino Delgado | Riñones | Vejiga | Resto del cuerpo |
|-----------------------|----------|----------|-------------------|---------|--------|------------------|
| Neonato*              | 2,940    | 1,080    | 1,080             | 0,062   | 0,833  | 5,03             |
| 1 año                 | 2,910    | 1,080    | 1,080             | 0,062   | 0,833  | 5,03             |
| 5 años                | 2,920    | 1,080    | 1,080             | 0,062   | 0,833  | 5,03             |
| 10 años               | 2,930    | 1,080    | 1,080             | 0,062   | 0,833  | 5,03             |
| 15 años               | 2,940    | 1,080    | 1,080             | 0,062   | 0,833  | 5,03             |
| Adulto                | 2,940    | 1,080    | 1,080             | 0,062   | 0,833  | 5,03             |

\*Son los mismos que para un adulto [Hedrick 1987]

Tabla 2: Data nuclear para fotones emitidos del I<sup>123</sup> (MeV) más significativos [HPS b 2013]

| FOTONES                          | $E_k$<br>(Me V) | $n_k$ /des | $\Delta_k = 2,13 n_k E_k$<br>$(\frac{rad - gm}{\mu Ci - hr})$ |
|----------------------------------|-----------------|------------|---|
| GAMMA                            | 0,159           | 0,833      | 0,2821  |
|                                  | 0,529           | 0,0139     | 0,0157  |
| RADIACION<br>CARACTE-<br>RISTICA | 0,027           | 0,246      | 0,01415   |
|                                  | 0,0275          | 0,460      | 0,0269  |
|                                  | 0,0310          | 0,160      | 0,01056   |

Tabla 3: Data nuclear para partículas emitidas del I<sup>123</sup> (MeV) más significativos [HPS b 2013]

| PARTICULAS                | $E_k$ (MeV) | $n_k$ /des | $n_k E_k$<br>(MeV / des) | $\bar{E}_{particle} = \sum n_k E_k$<br>(MeV / des) |
|---------------------------|-------------|------------|--------------------------|--|
| ELECTRON DE<br>CONVERSION | 0,1272      | 0,136      | 0,0173                   | 0,0205   |
|                           | 0,1540      | 0,0177     | 0,0027                   |  |
|                           | 0,1580      | 0,0035     | 0,00055                  |  |
| ELECTRON<br>AUGER         | 0,0032      | 0,94       | 0,0030                   | 0,0058   |
|                           | 0,0227      | 0,1235     | 0,0028                   |  |

Tabla 4: Valores  $\bar{g}$  (cm) , y, masa tiroidea (g) de representación Cristy –Eckerman [Cristy y Eckerman b 1987]

|                   | Recién nacido | 1 año | 5 años | 10 años | 15 años | adulto |
|-------------------|---------------|-------|--------|---------|---------|--------|
| Masa Tiroides (g) | 1,29          | 1,78  | 3,45   | 7,93    | 12,4    | 20,7   |
| $\bar{g}$ (cm)*   | 6,368         | 6,99  | 8,85   | 11,68   | 13,56   | 16,01  |

\*Valores congruentes con los reportados por J.G. Kereiakes,et.al.,[Kereiakes, Wllman y Saenger 1966]

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 5: Dosis absorbida en tiroides de adulto, niños y recién nacidos debido al  $I^{123}$  (yoduro), en la representación Cristy – Eckerman, y formalismo MIRD (mGy / MBq)

| Edades  | emisiones              | $D(T \leftarrow T)/A_0$ | $D(T \leftarrow i)/A_0^*$ | Sub-total | TOTAL |
|---------|------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------|-------|
| Neonato | Fotones : $\gamma + x$ | 2,10 + 2,67             | 0,030                     | 4,80      | 39,90 |
|         | CE + e- Auger          | 27,00 + 8,10            | -                         | 35,10     |       |
| 1 año   | Fotones: $\gamma + x$  | 1,71 + 2,47             | 0,014                     | 4,19      | 28,90 |
|         | CE + e- Auger          | 19,25 + 5,45            | -                         | 24,70     |       |
| 5 años  | Fotones: $\gamma + x$  | 1,17 + 1,51             | 0,002                     | 2,682     | 15,47 |
|         | CE + e- Auger          | 9,97 + 2,82             | -                         | 12,79     |       |
| 10 años | Fotones: $\gamma + x$  | 0,66+0,76               | 0,003                     | 1,423     | 7,013 |
|         | CE + e- Auger          | 4,36+1,23               |                           | 5,59      |       |
| 15 años | Fotones: $\gamma + x$  | 0,504+0,53              | 0,0034                    | 1,037     | 4,64  |
|         | CE + e- Auger          | 2,80+0.80               |                           | 3,60      |       |
| adulto  | Fotones: $\gamma + x$  | 0,33 + 0,47             | 0,002                     | 0,80      | 2,95  |
|         | CE + e- Auger          | 1,65+0,50               |                           | 2,15      |       |

(\*) i= todos los órganos fuente excepto tiroides;

Tabla 6: Dosis tiroidea debido a las dosimetrías MIRD y MARINELLI (mGy / MBq)

| EIDADES | EMISIONES    | $\frac{D(T \leftarrow T)}{A_o} + \frac{D(T \leftarrow i)}{A_o}$ | $\frac{D(T \leftarrow T)}{A_o}$ | RAZON DOSIS     |
|---------|--------------|---|---------------------------------|-----------------|
|         |              | MIRD  | MARINELLI                       | Marinelli /Mird |
| NEONATO | Fotones      | 4,80  | 4,91                            | 1,00            |
|         | partículas   | 35,1  | 35,1                            |                 |
|         | <b>TOTAL</b> | <b>39,9</b>   | <b>40,01</b>                    |                 |
| 1 año   | Fotones      | 4,19  | 3,97                            | 0,99            |
|         | partículas   | 24,70   | 24,70                           |                 |
|         | <b>TOTAL</b> | <b>28,89</b>  | <b>28,67</b>                    |                 |
| 5 años  | Fotones      | 2,682   | 2,56                            | 0,99            |
|         | partículas   | 12,79   | 12,79                           |                 |
|         | <b>TOTAL</b> | <b>15,472</b>   | <b>15,35</b>                    |                 |
| 10 años | Fotones      | 1,423   | 1,47                            | 1,00            |
|         | partículas   | 5,59  | 5,59                            |                 |
|         | <b>TOTAL</b> | <b>7,013</b>  | <b>7,06</b>                     |                 |
| 15 años | Fotones      | 1,037   | 1,09                            | 1,01            |
|         | partículas   | 3,60  | 3,60                            |                 |
|         | <b>TOTAL</b> | <b>4,637</b>  | <b>4,69</b>                     |                 |
| adulto  | Fotones      | 0,80  | 0,78                            | 0,99            |
|         | partículas   | 2,15  | 2,15                            |                 |
|         | <b>TOTAL</b> | <b>2,95</b>   | <b>2,93</b>                     |                 |

Los resultados muestran:

- Usando la dosimetría MIRD, se demuestra que el 99% de la dosis total absorbida por la glándula de un adulto, niños y recién nacidos corresponde a su *auto-dosis*; menos del 0,07% de dosis corresponde a los órganos de su biocinética, es decir, son insignificantes (tabla 5).
- Usando los coeficientes de transferencia debido a RIGGSS/ICRP [Oregon 2013], para un compartimento (tiroides), los resultados de dosis son congruentes con el reportado en tabla 5. Luego, el modelo cinético para la glándula puede considerarse de un solo compartimento.
- La dosis encontrada es congruente con el reportado por “Radiation Dose Estimates to Adults and Children from Various Radiopharmaceuticals” :[orise.orau.gov/files/reacts/pedose](http://orise.orau.gov/files/reacts/pedose).
- Usando la dosimetría MARINELLI, se encuentra que el valor de su auto-dosis no son significativamente diferentes a los obtenidos por el esquema MIRD (tabla 6). Luego, el modelo cinético para la glándula de un solo compartimento puede representarse por una esfera.
- Vásquez A.M. et.al. [Vásquez, Rocha, Castillo, Gómez, Mendoza, Rabanal, y Cruz 2013], demostraron que usando la dosimetría MIRD para un adulto, niños y recién nacidos la dosis total absorbida por la tiroides debido al I-131 (yoduro) es su **auto-dosis**. Sus resultados no presentan diferencias significativas con los reportados por el formalismo MARINELLI (**auto-dosis**).
- Dependiendo del radiofármaco usado y de su biocinética, las contribuciones dosimétricas en la tiroides serán significativas [Vásquez, Rivasplata, Vásquez, Rocha y Garcia 2013].

### 3. CONCLUSIÓN

Usando el formalismo MIRD y la representación de Cristy-Eckerman para la tiroides de adultos, niños y recién nacidos, se demuestra que las contribuciones dosimétricas de los órganos fuente de la biocinética del I-123(yoduro) no son significativos en el estimado de dosis. La dosis total absorbida por la glándula es su auto-dosis. Los resultados reportados no son significativamente diferentes a los encontrados por el esquema MARINELLI (auto-dosis) para tiroides representada por esferas.

Luego, en el cálculo de dosis, el modelo cinético de un compartimento para la glándula puede representarse como una esfera.

### REFERENCIAS

- Asociación Argentina de Biología y Medicina Nuclear. Dosis de radiación recibida por los pacientes tras la administración de radiofarmacos. [acceso, Diciembre 5, 2013]. Disponible de: [aabyrn.org.ar/archivos/dosisradiacion.pdf](http://aabyrn.org.ar/archivos/dosisradiacion.pdf)
- Cristy M. y Eckerman K. Specific absorbed fractions of energy at various ages from internal photons Sources. Oak Ridge, TN: ORNL/TM-8381 / V2,...,V7. 1987
- Cristy M. y Eckerman K b. Specific absorbed fractions of energy at various ages from internal photons Sources. Oak Ridge, TN: ORNL/TM-8381 /V1 , 1987
- Health Physics Society. Kinetic Models Used as the Basic for the Dose Estimates Available from: [www.doseinfo-radar.com/NMdoses.xls](http://www.doseinfo-radar.com/NMdoses.xls)
- Health Physics Society b Radionuclide Decay Data [Accessed may 5, 2013]. <http://hps.org/publicinformation/radardecaydata.cfm>
- Hedrick, W. y Milavickas, L. Reevaluation of the Newborn Thyroid Dose from Radioiodines, J Nucl Med 1987 28:1208-1209
- Kereiakes, J., Wellman, H. y Saenger, E. ,Radiation Exposure from Radiopharmaceuticals in children (R1-109) IRPA - IRPA 1 Rome, September 1966
- Oregon State University. Uncertainty of the Iodine-131 Ingestion [accessed October 05, 2013] <http://web.engr.oregonstate.edu/...m/papers/benke>.
- Quimby E., Feitelberg S. y Gross W. Radiactive Nuclides in Medicine and Biology. Third edition. Lea & F. Philadelphia; 1970.



Stabin, M. MIRDOSE: Personal Computer Software for Internal Dose Assessment in Nuclear Medicine .Journal Nuclear Medicine 1996; 37:538-546

Stabin, M. b Demystifying Internal Dose Calculations [www.doseinfo-radar.com/demystify.doc](http://www.doseinfo-radar.com/demystify.doc)

Vásquez M., Rivasplata A., Vásquez J., Rocha D. y García, W. Dosimetric evaluation due to radiation in thyroid issued by the Tc-99m and I-131 . :18th International Conference on Medical Physics ICMP2011. Brazilean Journal of Medical Physics . XVI BRAZILIAN CONGRESS OF MEDICAL PHYSIC. [www.abfm.org.br/rbfm/publicado/RBFM\\_digital.pdf](http://www.abfm.org.br/rbfm/publicado/RBFM_digital.pdf)

Vásquez, M., Rocha, J., Castillo, C., Gómez, M., Mendoza, A., Rabanal, M. y Cruz, J. Evaluacion de las dosimetrias Mird y de Marinelli en el estimado de dosis de radiación para tiroides de adultos y niños cuando se usa I-131 (yoduro):Annales of the Brazilian Radiation Protection Society. IX Latin American IRPA Regional Congress on Radiation Protection an Safety.Sociedade Brasileira de Protecao Radiologica.(2013) <http://www.sbpr.org.br/anaisIRPA.asp>