

CURSO DE DOSIMETRIA INTERNA EN MEDICINA NUCLEAR

Metodología MIRD

Parte II

Lic. Inés Gómez Parada

La magnitud que queremos estimar:

Dosis Absorbida (D)

$$D = d\varepsilon / dm$$

Energía absorbida por unidad de masa
de material (en nuestro contexto,
tejido humano)

Unidades de dosis absorbida:

erg / gramo ó Joule / kilogramo

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ erg / g}$$

$$1 \text{ Gray (1 Gy)} = 1 \text{ Joule / kg}$$

$$1 \text{ Gy} = 10^7 \text{ erg / 1000 g} = 10^4 \text{ erg / g}$$



$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$$

Ecuación Básica para el Cálculo de Tasa de Dosis Absorbida

$$\dot{D} = \frac{k \sum_i A_i n_i E_i \phi_i}{m}$$

***k* : constante para transformar unidades**

Dosis Absorbida Total

$$D = \frac{k \sum_i A_i n_i E_i \phi_i}{m}$$

A [Bq] ⇒ desintegraciones / unidad de tiempo
⇒ implica tasa de dosis

Para calcular la dosis absorbida total se integra A en el tiempo para obtener el número total de desintegraciones

Ã : Actividad Acumulada

Unidades de Actividad Acumulada

Actividad Acumulada (Ã):

actividad x tiempo

Ej:

Bq x segundo =

desintegraciones / segundo x segundo =

= desintegraciones

Dosis Absorbida Total

Para todas las emisiones i de una desintegración

$$D = \frac{k \tilde{A} \sum_i n_i E_i \phi_i}{m}$$

Corresponde a la dosis absorbida total en un cuerpo (órgano), debida a la actividad A en ese mismo órgano

La ecuación para la dosis absorbida en el sistema MIRD es:

$$D_T = \sum_S \tilde{A}_S S(T \leftarrow S)$$

T : órgano blanco

S : órgano fuente

Donde:

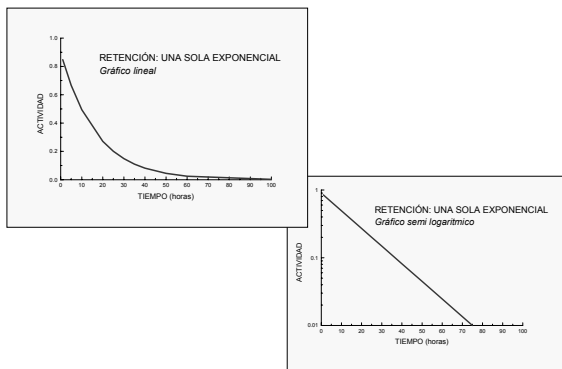
$$S(T \leftarrow S) = \frac{k \sum_i n_i E_i \phi_i(T \leftarrow S)}{m_T}$$

Cálculo de la Actividad Acumulada \tilde{A}

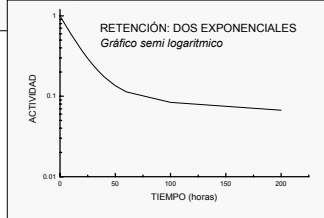
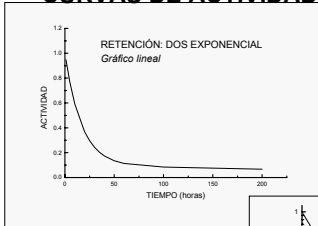
- Se calcula para el órgano fuente
- Es el número de desintegraciones que se producen en el órgano fuente
- Es necesario conocer la *Curva de Actividad*, esto es: la actividad presente en el órgano fuente en función del tiempo
- Esta curva puede tenerse en forma gráfica o analítica

\tilde{A} Es el área bajo la curva de actividad

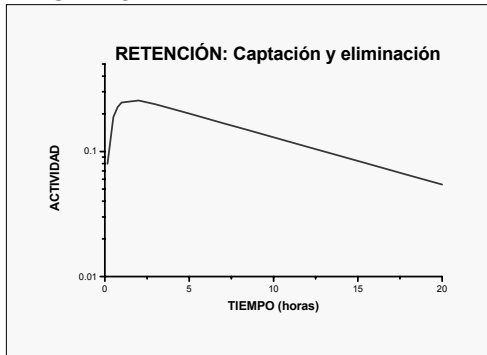
CURVAS DE ACTIVIDAD RETENIDA



CURVAS DE ACTIVIDAD RETENIDA

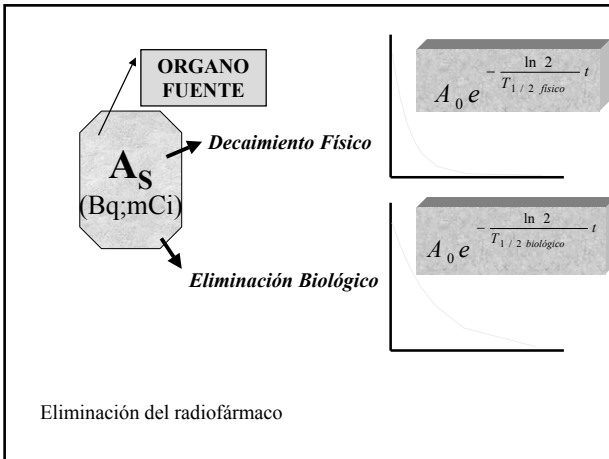


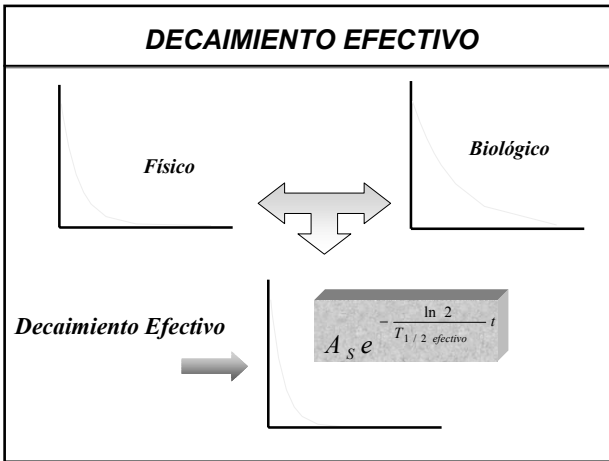
CURVAS DE ACTIVIDAD RETENIDA

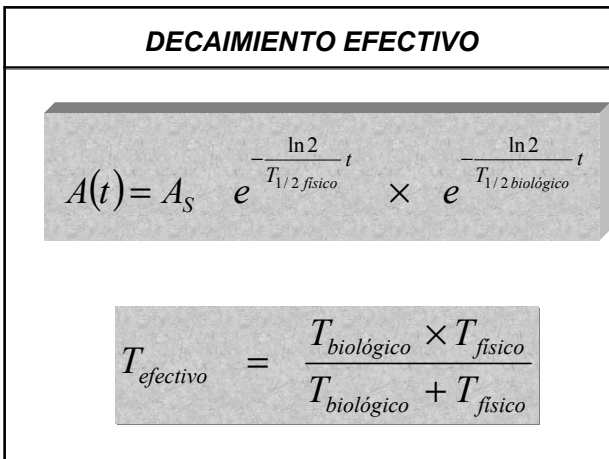


• La curva de actividad retenida en un órgano fuente, en general, se representa por un decaimiento exponencial.

• La constante del decaimiento exponencial es el decaimiento efectivo





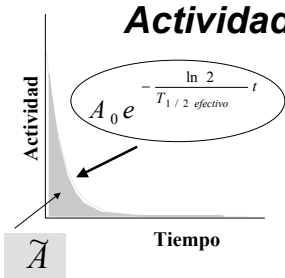


Con radiofármacos:

$$T_{\text{físico}} \ll T_{\text{biológico}}$$

→ $T_{\text{efectivo}} = T_{\text{físico}}$

Actividad Acumulada \tilde{A}

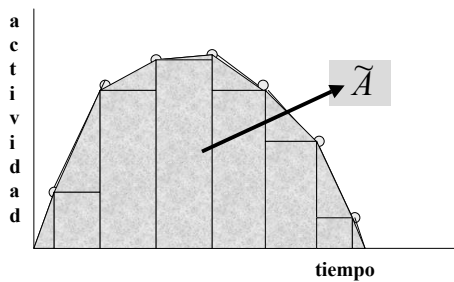


Para calcular la actividad acumulada se integra en el tiempo la curva de retención en el órgano fuente. (Area bajo la curva)

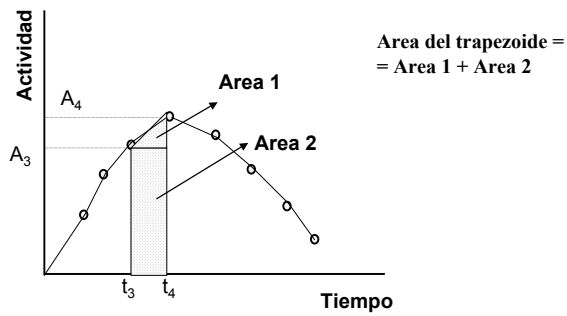
ACTIVIDAD ACUMULADA = N° DE DESINTEGRACIONES

Cálculo de la Actividad Integrada

Si se disponen de mediciones de la actividad retenida:



Método del Trapezoide



Método del Trapezoide

Area del trapezoide = Area 1 + Area 2

$$\text{Area del trapezoide} = \frac{(A_4 - A_3) \times (t_4 - t_3)}{2} + A_3 \times (t_4 - t_3) =$$

$$= (t_4 - t_3) \left[\frac{(A_4 - A_3)}{2} + A_3 \right] = (t_4 - t_3) \times \left(\frac{1}{2} A_4 + \frac{1}{2} A_3 \right) =$$

$$\text{Area del trapezoide} = (t_4 - t_3) \times \frac{(A_4 + A_3)}{2}$$

Método del Trapezoide

- Cuanto mayor cantidad de puntos se tenga, más exacta será la estimación.
- Despreciar el área que se continúa luego del último punto, es la mayor fuente de error.
- Una forma de considerarla, es asumir que el decaimiento de la actividad retenida luego del último punto, se produce solo por el decaimiento físico

Cálculo de la Actividad Integrada

$$\tilde{A} = \int_0^{\infty} R(t) dt$$

→ $R(t)$: Función de retención en un órgano o en todo el cuerpo

Ejemplo

Integración de la ecuación de retención en tiroides para I-131

Según el modelo para yodo aplicable al hombre de referencia, el 30% de lo incorporado es captado por la tiroides, donde se retiene con $T_{1/2 \text{ Biológico}} = 80$ días. Siendo el $T_{1/2 \text{ Físico}}$ del I-131 de 8 días, la ecuación de retención en tiroides, para la incorporación de 1 Bq de I-131 resulta:

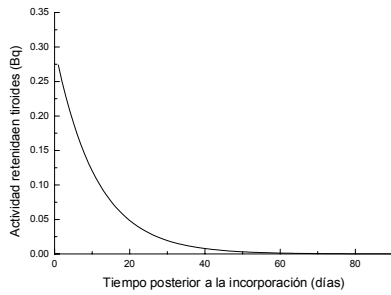
La ecuación de retención en tiroides para 1 Bq incorporado resulta:

$$R_{\text{Tiroides}}(t) = 0.3 e^{-\frac{\ln 2}{T_{\text{Efectivo}}} t}$$

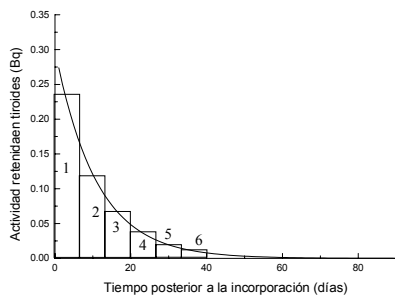
Donde:

$$T_{\text{Efectivo}} = \frac{8 \times 80}{8 + 80} = 7.6 \text{ días}$$

Gráfico de la ecuación de retención en tiroides:



Integración Gráfica



Las áreas de los 6 rectángulos resultan ser:

- (1): 6.4 días x 0.232 Bq = 1.48 Bq- día
- (2): 6.4 días x 0.110 Bq = 0.70 Bq- día
- (3): 6.4 días x 0.058 Bq = 0.37 Bq- día
- (4): 6.4 días x 0.035 Bq = 0.22 Bq- día
- (5): 6.4 días x 0.021 Bq = 0.13 Bq- día
- (6): 6.4 días x 0.011 Bq = 0.07 Bq- día

SUMA: 2.97 Bq- día

$$1 \text{ Bq-día} = 1 \frac{\text{desintegración}}{\text{segundo}} \times 24 \text{ horas} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{hora}} \times \frac{60 \text{ seg}}{\text{min}} =$$

$$= 86400 \text{ desintegraciones}$$



$$2.97 \text{ Bq-día} = 2.6 \times 10^5 \text{ desintegraciones}$$

Cálculo de la Actividad Integrada - Método Analítico

$$\tilde{A} = \int_0^{\infty} R(t) dt = 0.3 \text{ Bq} \int_0^{\infty} e^{\frac{-\ln 2}{7.6 \text{ días}} t} dt =$$

$$= \frac{0.3 \text{ Bq} \times 7.6 \text{ días}}{-0.693} [e^{-\infty} - e^0] =$$

$$= -3.3 \text{ Bq.día} [0 - 1] = 3.3 \text{ Bq.día} =$$

$$= 2.8 \times 10^5 \text{ desintegraciones}$$

Tiempo de Residencia - τ

Se define para un órgano fuente

$$\tau = \frac{\tilde{A}}{A_0}$$

Tiempo de Residencia - τ

τ tiene unidades de tiempo

$$\tau = \frac{\tilde{A}}{A_0} \frac{[Bq \cdot seg]}{[Bq]}; [seg]$$

$$\tau = \frac{\tilde{A}}{A_0} \frac{[\mu Ci \cdot hora]}{[\mu Ci]}; [hora]$$

Pero no es un "tiempo", es otra forma de expresar la Actividad Acumulada

Tiempo de Residencia - τ

$$\tilde{A} = f A_0 \int_0^{\infty} e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2, fis}} t} dt$$

f: es la fracción de la actividad administrada captada por el órgano fuente

$$\tilde{A} = f A_0 \frac{T_{1/2, fis}}{-\ln 2} (0 - 1) =$$

$$\tilde{A} = f A_0 T_{1/2, fis} 1.44$$

Tiempo de Residencia - τ

$$\tau = \frac{\tilde{A}}{A_0} = 1.44 \times f \times T_{1/2, fis} \quad [tiempo]$$

Con la nomenclatura del Método MIRD:

$$D_T = A_0 \sum_S \tau_S \times S(S \leftarrow T)$$

RESUMIENDO:

Depende de:

\tilde{A}

- Distribución del radiofármaco
- Parámetros fisiológicos del individuo

Factor "S"

Depende de:

- Esquema de Decaimiento del Radionucleído
- Geometría de los Organos (masa, distancia)

UNIDADES

\tilde{A}

- $\mu\text{Ci} - \text{día}$
- $\text{MBq} - \text{segundo}$

Factor "S"

- $\text{rad} / \mu\text{Ci} - \text{día}$
- $\text{mGy} / \text{MBq} - \text{segundo}$
