

METODOLOGÍA MIRD

Parte I

Lic. Ana María ROJO

ARN

Gerencia de Apoyo Científico

DOSIMETRIA INTERNA EN MEDICINA NUCLEAR

Metodología MIRD

parte I

Lic. Ana María Rojo

Gerencia de Apoyo Científico

Metodología de Cálculo parte I

- Introducción: Antecedentes de la Dosimetría Interna
- Conceptos Básicos
- Ecuación Principal
- Sistemas Dosimétricos: MIRD
- Otros Sistemas Dosimétricos: ICRP
- Fantomas Físicos Estandarizados

Introducción

•Antecedentes

- 1896 Descubrimiento de la Radiactividad
- 1930 Aceleradores
- 1942 Leonidas Marinelli: 1er Trabajo de Dosimetría Interna
"Dosage Determinations with Radioactive Isotopes" *
- II Guerra Mundial - Reactores Nucleares
- 1948 L. Marinelli – Edith Quimby *
- "Dosage...." Practical considerations in therapy and protection
- 1953 Loevinger: 1er Simposio/ clases: cálculo de dosis
- 1956 "Radiation Dosimetry" 1st edition (incluyó D. Interna)
- 1960 - 1980 "La edad de Oro":
 - Computación
 - Instrumentación e imágenes
- 1964 1er meeting "Nuclear Medical Society Committee"
- 1968 "Radiation Dosimetry" 2nd ed. –1st MIRD Pamphlet
- 1969 1st "Radiation Doses and Effects" – Oak Ridge - RIDIC
- 1990 >TC, RMI, SPECT, PET > Dosimetría paciente-específica

Conceptos Básicos

tasa de dosis absorbida

$$\frac{\text{energía emitida}}{\text{tiempo}} = \frac{\text{transiciones}}{\text{tiempo}} \frac{\text{energía}}{\text{transición}}$$

$$\frac{\text{energía emitida}}{\text{tiempo}} = \text{Actividad} \frac{\text{energía}}{\text{transición}}$$

$$\text{tasa de dosis} = \text{Actividad} \frac{\text{energía}}{\text{transición}} / \text{masa}$$

$$\dot{D} = \frac{A}{m} \bar{E}$$

Energía promedio:

Δ

$$\dot{D} = k \frac{A}{m} \bar{E}$$

k: es la constante para obtener la tasa de dosis en las unidades deseadas

Si expresamos: A(actividad):Bq, m (masa): kg, E (energía): MeV

La tasa de dosis quedará expresada en **Gy/segundo** multiplicando por

$$k = 1.6E-13$$

Energía promedio:

Δ

$$\dot{D} = k \frac{A}{m} \bar{E}$$

k: es la constante para obtener la tasa de dosis en las unidades deseadas

Si expresamos: A(actividad): μ Ci, m (masa): g, E (energía): MeV

La tasa de dosis quedará expresada en **rad/hr** multiplicando por

$$k = 2.13$$

Energía promedio:

Δ

Δ (Gy kg/Bq seg) = 1.6 E-13 E

Resultado de agrupar el factor de conversión y la energía se obtiene:

\dot{D} (Gy / s) = $1.6E-13 \frac{A}{m} E$

$\dot{D} \left(\frac{Gy}{seg} \right) = \frac{A}{m} \Delta$

Fración absorbida

ϕ

fracción absorbida = $\frac{\text{energía absorbida en el blanco}}{\text{energía emitida por la fuente}} = \phi$

$\dot{D} (T \leftarrow S) = \frac{A_S}{m_T} \sum_i \Delta_i \phi_i (T \leftarrow S)$

Donde: S (source): fuente, T (Target): blanco, i: tipo de radiación i

$\dot{D}_{(T)} = \sum_S \frac{A_S}{m_T} \sum_i \Delta_i \phi_i (T \leftarrow S)$

Fración específica absorbida

Φ

$\Phi (T \leftarrow S) = \phi (T \leftarrow S) / m_T$

La tasa de dosis puede expresarse en términos de fracción específica absorbida:

$D_{(T)} \dot{=} \sum_S A_S \sum_i \Delta_i \Phi_i (T \leftarrow S)$

Dosis promedio por unidad de actividad acumulada

$$S(T \leftarrow S) = \sum_i \frac{\Delta \phi_i(T \leftarrow S)}{m_T} = \sum_i \Delta_i \Phi_i(T \leftarrow S)$$

- $\Phi_i(T \leftarrow S)$: fracción de energía absorbida en el órgano blanco por emisión de radiación i en el órgano fuente
- m_T : Masa del órgano blanco

Sus unidades son:

rad/ μ Ci - hora ó mGy/ MBq - seg

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)

Dosis Absorbida

- Su símbolo es D
- Unidad = gray (Gy)
 - 1 joule por kilogramo
- Algunos países utilizan aún el rad
 - 1 rad = 0.01 Gy

D

Cálculo de la dosis absorbida

$$D = \int \dot{D} dt = \int A(t) S dt$$

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

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

CALCULO DE LA DOSIS EN UN ORGANNO BLANCO

$$D = \tilde{A} \times S(T \leftarrow S) \quad [rad ; Gy]$$

El número de desintegraciones en el órgano fuente

X

La dosis que cada desintegración entrega en el órgano blanco

Dosis en el órgano blanco

Ecuación Básica para el Cálculo de Tasa de Dosis Absorbida

Volumen de masa m con material radiactivo uniformemente distribuido

$$\dot{D} = A \sum_i k n_i E_i \phi_i / m$$

\dot{D} : tasa de dosis absorbida (rad/hora o Gy/segundo)

E_i : energía de la emisión i (Mev)

n_i : n° de emisiones de energía E_i por cada desintegración del radionucleido

A : actividad (mCi; MBq)

ϕ_i : fracción de energía absorbida en el blanco

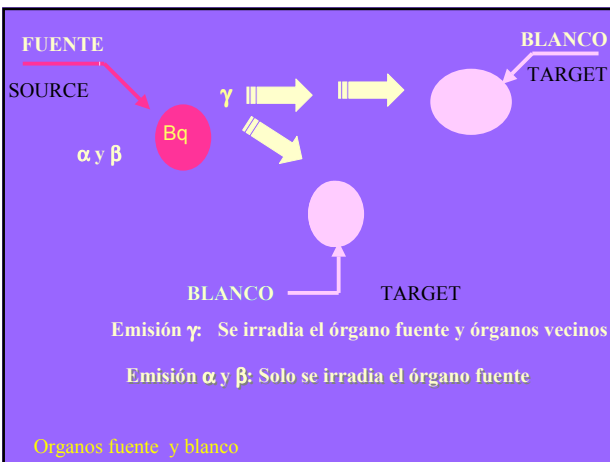
m : masa del blanco

Dosis Absorbida Total

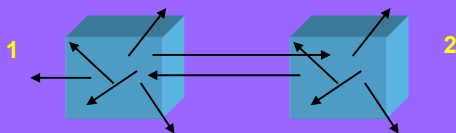
Para todas las emisiones i de una desintegración

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

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



Consideramos dos órganos cargados con material radiactivo, que se irradian a sí mismos y uno a otro, y posiblemente a otros objetos del sistema



Para obtener la dosis absorbida en cualquier objeto del sistema, debemos definir la fracción absorbida del objeto irradiándose a sí mismo, $\phi(1 \leftarrow 1)$ y $\phi(2 \leftarrow 2)$, y las fracciones absorbidas para los otros pares de objetos fuente y blanco, $\phi(1 \leftarrow 2)$, $\phi(2 \leftarrow 1)$, $\phi(1 \leftarrow 3)$, etc.

La dosis total absorbida en el objeto 1 será:

$$D_1 = \frac{k \tilde{A}_1 \sum_i n_i E_i \Phi_i(1 \leftarrow 1)}{m_1} + \frac{k \tilde{A}_2 \sum_i n_i E_i \Phi_i(1 \leftarrow 2)}{m_1} + \dots$$

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:

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

"Ecuación Principal"

-Esta es la ecuación "principal" para el cálculo de la dosis recibida por incorporación de material radiactivo

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

-Se han desarrollado diversos sistemas dosimétricos, en los que las distintas magnitudes se agrupan o combinan para simplificar los cálculos

Uno de ellos es el SISTEMA MIRD

SISTEMAS DOSIMÉTRICOS

(Marinelli/Quimby, RADAR, ICRP 2, ICRP 30)

MIRD

ICRP 30

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

$$H_{50,T} = 1.6 \times 10^{-10} \sum_S U_S SEE$$

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

$$SEE = \frac{\sum_i n_i E_i \phi_i Q_i}{m}$$

Dosis Equivalente

- Tiene en cuenta los diferentes tipos de radiación
- Su símbolo es H
- Unidad = sievert (Sv)
- Algunos países usan el rem
 - 1 rem = 0.01 Sv

H

23

Factores de ponderación de la Radiación

Tipo y rango de energías	W_R
Fotones	1
Electrones	1
Neutrones <10 keV	5
10 keV to 100 keV	10
>100 keV to 2 MeV	20
>2 MeV to 20 MeV	10
>20 MeV	5
Partículas alfa	20

Factor de Ponderación del Tejido (WT) (cont.)

- Tiene en cuenta las radiosensibilidades de los diferentes tejidos u órganos
- Su símbolo es E
- Unidad = sievert (Sv);
(o rem)

E

Factor de Ponderación del Tejido (WT) (cont.)

Factores de Ponderación del Tejido

W_T

Tejido	W _r
Gónadas	0.20
Médula ósea	0.12
Colon	0.12
Pulmón	0.12
Estómago	0.12
Vejiga	0.05
Mama	0.05
Hígado	0.05
Esófago	0.05
Tiroides	0.05
Piel	0.01
Superficie ósea	0.01
Resto	0.05

•Fantomas Físicos Estandarizados

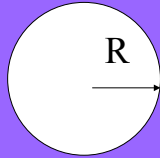
Evolución de los fantomas para el cálculo de

$$S (T \leftarrow S)$$

Fantomas Físicos Estandarizados

1. Esfera – ICRP II (1959)

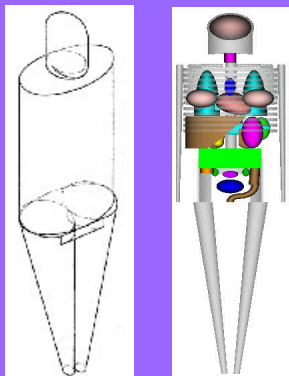
$$\phi = (1 - e^{-\mu R})$$



Fantomas Físicos Estandarizados

2. Modelo del adulto

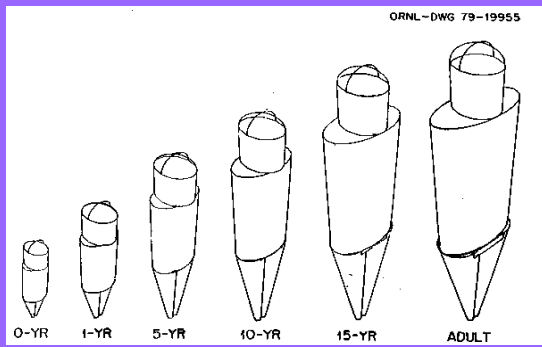
(MIRD/ICRP - 1975)



Stylized adult male Fisher-Snyder model showing (a) exterior view, and (b) the skeleton and internal organs.

Fantomas Físicos Estandarizados

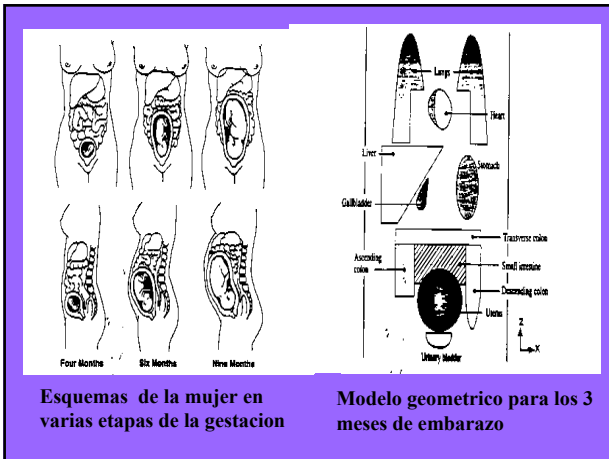
3. Modelos de niños y adultos
(Cristy/Eckerman, 1987)



Modelos de Cristy and Eckerman

Fantomas Físicos Estandarizados

4. Basados en ecuaciones - modelos de la mujer embarazada
(Stabin et al. 1995)



Esquemas de la mujer en varias etapas de la gestacion

Modelo geometrico para los 3 meses de embarazo

Donde encontrar los valores de S (T← S)

- Software MIRDose y OLINDA/EXM
- Snyder, Ford, Warner "Absorbed Dose per Unit Cumulated Activity for Selected Radionuclides and Organs" MIRD Pamphlet nº 11, New York, The Society of Nuclear Medicine, 1975

GRACIAS!!!!
