

MONTERREY 2009

Criterios generales para el cálculo de blindajes en salas de medicina nuclear

Fis. Jorge Moreno Torres

Radsa Radiofísica e Industria, S. A. de C. V
Hospital Ángeles del Pedregal.

BASES DE CÁLCULO

- Identificar donde estarán los isótopos y pacientes por largos períodos de tiempo durante el día
- Tipos de radiación
- Cargas de trabajo
- Determinación de barreras
- Colindancias
- Ocupación
- POE, no POE

FACTOR DE OCUPACION

*El factor de ocupación T es el porcentaje de tiempo, (ponderado sobre una jornada de trabajo de 8hs) que una persona estará protegida por una barrera, así los factores de ocupación se tomarían como:

* $T=1$ para 8hs de ocupación

* $T=0.25$ (1/4) para 2hs,

* $T=0.0625$ (1/16) para 0.5hs,

* $T=0.025$ (1/40) para 0.2, etc.

Carga de trabajo (W)

En el caso de MN, se utilizan diferentes radioisótopos (p.e. Tc-99, I-131, Ga-67, etc; y ahora en PET F-18, C-11, O-15 entre otros) la carga de trabajo

De esta forma por ejemplo podemos calcular la carga de trabajo para el i-ésimo isótopo por:

$$W_i = G_i A_i N_i t_i$$

G_i = Gamma específica para el isótopo i ($\mu\text{Sv m}^2 / \text{MBq h}$)

A_i = actividad del i-ésimo isótopo por estudio (MBq)

N_i = Número de estudios por semana

t_i = tiempo por estudio

Principales estudios e isótopos utilizados

Procedimiento	Isótopo	Número de estudios por semana	Tiempo promedio por estudio	Actividad promedio por estudio
Estudio cardiaco	Tc-99m	20	1.5h	370MBq reposo 1100MBq Estrés
Estudio óseo	Tc-99m	10	0.75h	800MBq
Estudio tiroideo	I-131	2	0.5h	0.37MBq

Algoritmos de cálculo

Tasa de dosis a la posición j

$$R_{ij} = A_i N_i t_i 10^{-(X_m/TVL_{mi})} / d_{ij}^2$$

R_{ij} = Tasa de dosis por el isótopo i en la posición j ($\mu\text{Sv/h}$)

G_i = Gamma específica para el isótopo i ($\mu\text{Sv m}^2 / \text{MBq h}$)

A_i = actividad del i-ésimo isótopo (MBq)

N_i = Número de estudios por semana

t_i = tiempo por estudio

X_m = Espesor de blindaje entre el isótopo y la posición j (cm)

TVL_{mi} = Espesor decirreductor de la barrera m para el isótopo i (cm)

d_{ij} = Distancia entre el isótopo i la posición j (m)

Esquema hipotético de un departamento de MN



EJEMPLO

Isótopo: Tecnecio 99, $= 1.97 \times 10^{-5} \text{ mSv h}^{-1} \text{ MBq}^{-1} \text{ m}^2$

Actividad del isótopo por estudio: 1470 MBq

Material de blindaje: Plomo, $\text{TVL}_{\text{pb}} = 1 \text{ mm}$,

Espesor de blindaje = 1.6 mm

Posición de cálculo: recepción, desde la gamacámara, $d = 5 \text{ m}$

Número de estudios por sem: 20

Tiempo promedio en la gamacámara: 0.5h

La dosis por semana en la recepción debida a la gamacámara sería:

$$R_{ij} = G_i A_i N_i t_i 10^{-(X_m/TVL_{mi})} / d_{ij}^2$$

Sustituyendo:

$$R_{Tc99, \text{recepción}} = A_{Tc99m} N_{Tc99m} t_{Tc99m} 10^{-(X_{Pb}/TVL_{Pb, Tc99m})} / d_{\text{cámara, recepción}}^2$$

$$R_{Tc99, \text{recepción}} = \frac{(1.97 \times 10^{-5} \text{ mSv h}^{-1} \text{ MBq}^{-1} \text{ m}^2)(20 \text{ est/sem})(0.5 \text{ h} \times (1470 \text{ MBq}) 10^{-(1.6 \text{ mm}/1.0 \text{ mm})}}{(5 \text{ m})^2}$$

$$R_{Tc99, \text{recepción}} = 2.9 \times 10^{-4} \text{ m Sv /sem}$$

De esta forma la dosis total por semana queda como:

$$R = \sum_{ij} R_{ij}$$

Una forma alterna de calcular las barreras es obtener el coeficiente de atenuación requerido para disminuir la dosis semanal a los niveles permitidos por la normativa vigente así:

- $B_{ij} = P_j d_{ij}^2 / W_{ij} T_j$

P_j = dosis máxima permisible para el personal que nos ocupa

d_{ij} = distancia de cálculo del i-ésimo isótopo a la posición j

T_j = factor de ocupación en la posición j

W_{ij} = Carga de trabajo para el i-ésimo isótopo a la posición j = $\sum A_i N_i t_i$

Recuerde que para obtener B_{tot} la suma será:

$$1/B_{tot} = \sum_{ij} 1/B_{ij}$$

DISTANCIAS RECOMENDADAS PARA EL CÁLCULO

50 cm



100 cm



30 cm



170 cm



Errores más frecuentes en el cálculo de blindajes

- *Consideración de carga de trabajo
- *Cálculo erróneo de la G en unidades de dosis a partir de exposición
- *No considerar adecuadamente los factores de ocupación
- *Confundir el tiempo que dura un determinado estudio, con el tiempo que está realmente el paciente (isótopo) en una posición
- *No tomar en cuenta blindajes preexistentes
- *Tomar densidades de material de blindaje incorrectas

CONCLUSIONES

El cálculo debe ser realizado suponiendo:

- *El peor caso de exposición**
- *Máxima carga de trabajo real para no sobreestimar blindajes**
- *Considerar todos los posibles isótopos que se vayan a utilizar.**
- *Darle el valor adecuado a los factores de ocupación**
- *Calcular los blindajes utilizando densidad másica para no depender de los valores indicados en una tabla**
- *Considerar adecuadamente los valores de dosis permitidas POE o NO POE**

BIBLIOGRAFIA

- Σ Technical Series Report 188, IAEA, Radiological safety aspects of the operation of electron linear accelerators
- Σ AAPM Task Group 108, PET and PET/CT Shielding requirements, Med. Phys. 33 enero 2006.
- Σ Canadian Nuclear Safety Commission, RD-52 Design Guide for Nuclear Substance Laboratories and Nuclear Medicine Rooms, Nov 2008
- Σ Medical Physics Handbook of Radiation therapy, Medical Physics Publising, Ann E. Wright,
- Σ NCRP Report 151, estructural shielding design and evaluation for megavoltage X- and gamma ray radiotherapy facilities ,2007
- Σ NCRP Report 49 Structural shielding design and evaluation for medical use of X and Gamma rays up to 10MeV
- Σ Jonhs-Cunningham, The Physics of Radiology 4 edición, editora Thomas
- Σ ICRP 15 Protection against ionizing radiation from external sources Pergamon Press