



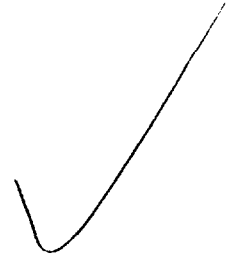
**CURSO REGIONAL DE CAPACITACION**

**SOBRE LA PRACTICA DE LA  
RADIOFARMACIA HOSPITALARIA**

O.I.E.A. - UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

MONTEVIDEO - URUGUAY

13 DE JUNIO - 1 DE JULIO 1994



**Guía para la Implementación del  
Control de Contaminación Interna**

**Henia Balter  
Eduardo Savio  
Beatriz Souto**

*Reproducción de Material Gráfico - Gentileza de Xerox Uruguay S.A.*

# GUIA PARA LA IMPLEMENTACION DEL CONTROL DE CONTAMINACION INTERNA

Henia Balter, Eduardo Savio, Beatriz Souto.

## OBJETIVO

Estudiar algunos de los métodos usuales de control de contaminación interna para radioisótopos de Iodo ( $^{131}\text{I}$  y  $^{125}\text{I}$ ) y para  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ .

## FUNDAMENTO

El personal profesionalmente expuesto a radiaciones debe ser controlado en forma periódica, de forma de estipular normas de trabajo acordes a Buenas Prácticas Radiofarmacéuticas. El objetivo específico es poder determinar aquellos casos donde se produzca contaminación interna, cuantificar la misma y evaluar su peligrosidad. A estos efectos se define un límite secundario de utilidad práctica para el diseño de instalaciones y para el control de condiciones de trabajo. Es el Límite Anual de Incorporación (ALI). Se denomina ALI a la actividad de un radionucleído que incorporada anualmente implica una dosis efectiva integrada en 50 años igual al límite anual propuesto para la dosis efectiva (0.05 Sv o 0.02 Sv). En la Tabla I se presentan los valores de ALI para  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  y radionucleidos (RN) del yodo.

Como un indicador de la contaminación interna en un momento determinado se define la carga corporal máxima permisible (MPBB), para cada radionucleido (RN) en particular.

La peligrosidad de la contaminación interna para un determinado RN está en correspondencia directa con el LET (transferencia lineal de energía) del tipo de radiaciones que presente. Recordemos que aquellas potencialmente más perjudiciales, expuestas en orden decreciente, guardan la siguiente relación:

radiación alfa > radiación  $\beta$  > radiación gamma.

TABLA I.-

Nuclide	Inhalation		Ingestion	
	Class $f_1$	ALI	$f_1$	ALI
Tc-97	D 0.8	$4 \times 10^8$	0.8	$3 \times 10^8$
( $2.6 \times 10^6$ y)	W 0.8	$7 \times 10^7$		
Tc-97M	D 0.8	$5 \times 10^7$	0.8	$4 \times 10^7$
(87 d)	W 0.8	$1 \times 10^7$		
Tc-98	D 0.8	$2 \times 10^7$	0.8	$1 \times 10^7$
( $4.2 \times 10^6$ y)	W 0.8	$3 \times 10^6$		
Tc-99	D 0.8	$4 \times 10^7$	0.8	$3 \times 10^7$
( $2.13 \times 10^5$ y)	W 0.8	$8 \times 10^6$		
Tc-99M	D 0.8	$2 \times 10^8$	0.8	$1 \times 10^8$
(6.02 h)	W 0.8	$2 \times 10^8$		
Tc-101	D 0.8	$4 \times 10^9$	0.8	$1 \times 10^9$
(14.2 m)	W 0.8	$5 \times 10^9$		
Tc-104	D 0.8	$8 \times 10^8$	0.8	$3 \times 10^8$
(18.2 m)	W 0.8	$1 \times 10^9$		

Nuclide	Inhalation		Ingestion	
	Class $f_1$	ALI	$f_1$	ALI
I-124	D 1.0	$2 \times 10^8$	1.0	$1 \times 10^8$
(4.18 d)				
I-125	D 1.0	$2 \times 10^8$	1.0	$1 \times 10^8$
(60.14 d)				
I-126	D 1.0	$1 \times 10^8$	1.0	$6 \times 10^5$
(13.02 d)				
I-128	D 1.0	$1 \times 10^9$	1.0	$4 \times 10^8$
(24.99 m)				
I-129	D 1.0	$3 \times 10^5$	1.0	$2 \times 10^5$
(1.577 y)				
I-130	D 1.0	$2 \times 10^7$	1.0	$1 \times 10^7$
(12.36 h)				
I-131	D 1.0	$1 \times 10^8$	1.0	$8 \times 10^5$
(8.04 d)				
I-132	D 1.0	$1 \times 10^8$	1.0	$7 \times 10^7$
(2.30 h)				
I-132M	D 1.0	$2 \times 10^8$	1.0	$9 \times 10^7$
(83.6 m)				
I-133	D 1.0	$8 \times 10^8$	1.0	$4 \times 10^8$

Por lo dicho anteriormente, el orden de peligrosidad es inverso si hablamos de irradiación externa.

También es importante tener en cuenta el período efectivo del RN contaminante, ya que es otro indicador de la peligrosidad potencial de la contaminación. El período efectivo se define en función del período biológico y del de semidesintegración, según la siguiente expresión:

$$T_{\text{ef}} = \frac{T_b \times T_{1/2}}{T_b + T_{1/2}}$$

donde  $T_b$  = Período biológico

$T_{1/2}$  = Período de semidesintegración

$T_{\text{ef}}$  = Período efectivo

La Tabla 2 presenta valores de MPBB, órganos críticos,  $T_{1/2}$ ,  $T_b$  y  $T_{\text{ef}}$  para RN de interés.

Los controles a realizar dependen del RN que manipula el trabajador, de la distribución corporal del mismo y de las vías de eliminación.

De acuerdo a los RN más empleados en Medicina Nuclear, en clínicas que no tienen acceso a radioisótopos de ciclotrón, se estudiarán los protocolos de control de contaminación interna para:

- 1.-  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  mediante análisis de orina.
- 2.- RN del yodo ( $^{131}\text{I}$ - $^{125}\text{I}$ ) mediante estudio de la captación tiroidea.

Tabla 2.-

RN	EMISION	$T_{1/2}$	$T_b$	$T_{eff}$	MPBB <sup>†</sup>		Organo Crítico
					kBq	$\mu$ Ci	
<sup>3</sup> H	Beta	12.3a	12d	12d	37000	1000*	Cuerpo entero
<sup>14</sup> C	Beta	5760a	10-40d	10-40d	11100	300*	Cuerpo entero
<sup>32</sup> P	Beta	2.6a	11d	11d	370	10	Cuerpo entero
<sup>45</sup> Ca	Beta	165d	49d	162d	1110	30	Hueso
<sup>51</sup> Cr	RX-Gamma	27.8d	1.7a	27d	29600	800	Cuerpo entero
<sup>59</sup> Fe	Beta-Gamma	45d	1.5-4.6a	43d	740	20	Bazo
<sup>90</sup> Sr	Beta	28a	35-49a	18a	74	2	Hueso
<sup>125</sup> I	RX-Gamma	60d	138d	41d	370	10**	Tiroides
<sup>131</sup> I	Beta-Gamma	8d	138d	7.6d	25.9	0.7	Tiroides

\* Tomado como <sup>3</sup>H<sub>2</sub>O en el caso del <sup>3</sup>H y como <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> en el caso del <sup>14</sup>C

\*\* 1.2  $\mu$ Ci según "Radioiodination techniques", Review 18, Ed. Amersham International Ltd, 1977.

El período biológico ( $T_b$ ), período efectivo ( $T_{eff}$ ) y MPBB dependen de la naturaleza del compuesto en el cual es incorporado el RN. Por ello, dada la diversidad de formas químicas en que se presentan <sup>99m</sup>Tc e <sup>113m</sup>In, no se incluyen en esta tabla.

Tomada de Neame y Homewood "Introduction to Liquid Scintillation Counting". London Butterworths, 1974.

### 1.- Control de <sup>99m</sup>Tc

El presente estudio se aplica para la detección de <sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub> que ingresa al medio interno por ingesta o por piel, siendo luego su eliminación efectuada vía renal.

El estudio debe realizarse semanalmente (viernes al finalizar la jornada, por ejemplo), y en caso de determinarse contaminación interna del operario, debe calcularse el %MPBB. Es importante determinar el origen de la contaminación de modo de discriminar entre errores accidentales o de procedimientos, y efectuar las correcciones que sean pertinentes.

**Procedimiento:**

Se mide en espectrómetro gamma una muestra de orina (volumen apropiado según el equipo de medida; 3 ml en nuestro caso) procedente de un funcionario que maneje rutinariamente  $^{99m}\text{Tc}$ .

Si la actividad bruta de la muestra supera el background más dos veces su desviación estandar ( $\text{BG} + 2 \text{ DS}$ ) se considera que la orina presenta contaminación. En ese caso se recolecta orina de 24 horas y se trabaja con una alícuota (7 a 10 ml) de la misma.

**Cálculo**

Cuantificar la contaminación como %MPBB.

$$\% \text{MPBB} = \frac{A}{3.7 \times 10^4} \frac{1}{\text{eff}} \frac{V_1}{V_2} \frac{100}{\text{elim}_{\text{ur}}} e^{-\lambda t_1} e^{-\lambda t_2} \frac{100}{\text{MPBB}}$$

A = Actividad neta de la alícuota en cps.

eff = Eficiencia del equipo de medición (cps/dps)

$V_1$  = Volumen de orina de 24 horas (aprox. 1500 ml)

$V_2$  = Volumen de la alícuota de orina

$\text{elim}_{\text{ur}}$  = porcentaje de dosis total eliminada por orina (70%)

$t_1$  = Tiempo transcurrido entre el momento de colección de orina y medición.

$t_2$  = Tiempo transcurrido entre el momento de contaminación y el comienzo de colección de orina.

MBBB para  $^{99m}\text{TcO}_4^-$  : 100  $\mu\text{Ci}$ .

$3.7 \times 10^4$ : Factor de conversión Bq/ $\mu\text{Ci}$

## 2.- Radioisótopos del yodo ( $^{131}\text{I}$ y $^{125}\text{I} = \text{I}$ )

El yodo que ingresa al organismo es concentrado por tiroides, por lo que la medida de actividad se realiza en dicho órgano. Aproximadamente un 30% de la cantidad ingresada es captada por la tiroides.

El estudio debe ser realizado mensualmente en el personal que maneja  $\text{I}$  o con mayor frecuencia en aquellos casos de que surgieran mayores riesgos de contaminación (ej: problemas de extracción de aire, ventilación o roturas u obstrucción de filtros de aire de los recintos en que se maneja  $\text{I}$ ).

En casos de detectarse contaminación interna, se debe bloquear la tiroides del operario mediante ingestión de KI (130 mg/día, durante 10 días), realizando un control diario del % MPBB.

### Procedimiento:

Se estudia la captación tiroidea de  $\text{I}$ , mediante monitoreo de la tiroides del operario, empleando sonda de centelleo sólido. Se mide para comparar, una zona no involucrada directamente en captación de yodo (ej: muslo). Si no existen diferencias significativas entre ambas medidas se considera que el operario no está contaminado. En caso de confirmarse captación de  $\text{I}$  en tiroides, se compara el valor obtenido con el procedente de un fantomas de tiroides con actividad absoluta conocida.

La medición de actividad se realiza con espectrómetro gamma en la zona correspondiente a 360 keV para  $^{131}\text{I}$  ó 35 keV para  $^{125}\text{I}$ , con ventana adecuada para eliminar posibles interferencias (ej:  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ,  $E = 140 \text{ keV}$ ).

### Preparación de la solución patrón

La solución patrón será realizada en el laboratorio en que se preparan las dosis que se suministran a los pacientes. La actividad total de la solución patrón no debe exceder de 10  $\mu\text{Ci}$  (370 kBq). Se efectúa una dilución a 200 ml con agua destilada, donde se añadió previamente KI en una concentración  $10^{-3}$  M. Se cierra el recipiente herméticamente y se procede a su homogenización con agitación magnética durante 1 hora. De la solución así preparada se tomará una alícuota necesaria para rellenar el frasco del fantoma, la que se considera como la actividad patrón.

Recordar:

- Cerrar herméticamente el vial del patrón para impedir volatilización del yodo.
- Los errores introducidos en la preparación de la solución patrón, influirán las medidas posteriores, por lo que debe ser preparada cuidadosamente.

### Cálculo

$$\% \text{ MPBB} = \frac{\mu\text{Ci tiroides}}{\text{MPBB}} \times 100$$

$$\text{Siendo: } \mu\text{Ci tiroides} = \frac{\text{cpm tiroides}}{\text{cpm fantomas}} \times \mu\text{Ci fantomas}$$

$$\text{MPBB para } ^{131}\text{I} = 0.64 \mu\text{Ci}$$

$$\text{MPBB para } ^{125}\text{I} = 1.2 \mu\text{Ci}$$

### Registro del control individual de la contaminación interna

El objetivo del registro del control individual de la contaminación interna consiste en conservar toda la información resultante de este control.



---

Para llevar correctamente el control de contaminación interna al personal ocupacionalmente expuesto a ella deberán registrarse inmediatamente después de cada medición los siguientes datos:

- 1) Nombres y apellidos del trabajador.
- 2) Labor realizada durante el mes.
- 3) Actividad aproximada manipulada en el mes para el caso de <sup>131</sup>I.
- 4) Ultimo día de trabajo con <sup>131</sup>I.
- 5) Eficiencia del equipo.
- 6) Actividad determinada (Bq).

Nota: En el caso en que el resultado de la medición sea inferior al límite de detección del equipo se debe indicar también.

## BIBLIOGRAFIA

- "Laboratory Manual for Nuclear Medicine Technologists". W.M. Jordan, B.A. Rhodes. Edited by M.B. Levit. College of Pharmacy, University of New Mexico, 1978.
- "Radiation Protection Procedures". Safety Series N° 38, I.A.E.A. 1973.
- "Basic Safety Standards for Radiation Protection" Safety Series N° 9, I.A.E.A, 1982.
- Guía para la implementación del control de la contaminación interna por <sup>131</sup>I en los hospitales. Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones, Cuba, CPHR-VM-88/3.
- Radiation Protection. ICRP Publication 61. Annual Limits on Intake of Radionuclides by Workers Based on the 1990 Recommendations. Pergamon Press, 1991.