

MONITOREO ESPECIAL EN MEDICINA NUCLEAR

C.C. Beltrán.

*Asociación Colombiana de Protección Radiológica.
ccbeltra@gmail.com*

J.A. Puerta y J. Morales

*Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín
japuerta@unal.edu.co; jmorales@unal.edu.co*

Resumen

Colombia cuenta con alrededor de 56 centros de Medicina Nuclear, 70 Médicos Nucleares y más de 100 Tecnólogos en esta área. Los radioisótopos más utilizados son el ^{131}I y el $^{99\text{m}}\text{Tc}$. La vigilancia radiológica individual en el país se realiza por dosimetría externa, siendo la vigilancia por incorporación de materiales radioactivos muy esporádica en nuestro medio. Dada la necesidad de implementar programas de monitoreo en la incorporación de radionucléidos del personal ocupacionalmente expuesto, en las prácticas rutinarias de Medicina Nuclear, se implementó un programa piloto de Monitoreo Especial con dos centros de importancia en la ciudad de Medellín. Este programa se llevó a cabo con el fin de educar, estimular y establecer un programa de monitoreo de referencia con base en el Programa Nacional de Monitoraje en la Incorporación de radionucléidos, que sirva como base para su aplicación a nivel de todos los servicios de Medicina Nuclear en el país. Este tipo de monitoreo se realizó con el propósito de obtener información sobre la rutina de trabajo en estos centros, forma de manipulación y dosificación de los radionucléidos, así como la administración al paciente. La aplicación del programa se llevó a cabo para definir la frecuencia de Monitoraje y técnica de análisis para la implementación de un programa de monitoreo rutinario, siguiendo las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica. Para su aplicación se utilizaron métodos de evaluación de actividad en orina y en tiroides de 7 trabajadores, de los cuales únicamente dos ameritaron un análisis debido a que presentaron actividades importantes. Las medidas se realizaron durante un mes, cada día por medio en muestras de orina y al caso mas crítico se le practicó dos medidas de tiroides, una en mitad del periodo y otra al finalizar el monitoreo. Al otro individuo se le practicó un conteo de actividad en tiroides al finalizar el periodo de monitoreo. El resultado obtenido de la dosis efectiva comprometida durante todo el periodo, de cada individuo, se comparó con la dosis efectiva comprometida resultante de la medida del último día y a mitad de periodo, como criterio para definir la mejor frecuencia de monitoreo.

1. INTRODUCCIÓN

La utilización de técnicas radiológicas en medicina nuclear han traído importantes beneficios a la humanidad en el campo del diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Sin embargo el uso de compuestos radioactivos en gran cantidad puede producir dosis significativas en los pacientes que pueden no ser necesarias y dosis en los trabajadores que manipulan estos materiales. La

exposición durante los trabajos con radiaciones ionizantes constituye un riesgo potencial para la salud de los trabajadores ocupacionalmente expuestos, TOE, si no se establecen programas adecuados de protección radiológica que disminuyan el riesgo potencial de efectos biológicos perjudiciales para la salud y de accidentes que pongan en riesgo la integridad del personal involucrado en estas prácticas. Estos programas de protección radiológica deben incluir sistemas de vigilancia y control radiológicos, así como de salud ocupacional, de forma que permitan conocer el detrimento radiológico para los TOE resultante del empleo de las radiaciones ionizantes.

La vigilancia radiológica en la contaminación interna debe estar acompañada de modelos que simulan la cinética metabólica de los materiales cuando son incorporados por inhalación, ingestión o a través de la piel. Los modelos metabólicos utilizados de los radiofármacos corresponden a los reportados por la Comisión Internacional de Protección Radiológica, ICRP, en su publicación No. 67[1] los cuales permiten calcular las actividades incorporadas y estimar las dosis comprometidas. Específicamente se requiere medir concentraciones del radionúclido en orina (in vitro) y en órganos del cuerpo (in vivo) en función del tiempo después de la incorporación del radiofármaco, de esta forma se pueden utilizar los parámetros de distribución y retención del compuesto radioactivo propuestos en el ICRP, del metabolismo humano, tales como: las fracciones de distribución y las vidas medias biológicas asociadas a los diferentes compartimientos que participan en el metabolismo del radiofármaco. La implementación de metodologías que permitan estimar la dosis debida a la incorporación de materiales radioactivos y un programa de vigilancia radiológica, se puede establecer una frecuencia de monitoreo, una buena interpretación de resultados y la optima implementación de normas y técnicas de protección radiológica en estas instalaciones.

En este trabajo, se presenta los resultados obtenidos del monitoreo especial realizado a dos individuos de los 7 monitoreados que presentaron incorporaciones detectables y que están en dos extremos de un programa de monitoreo, uno por debajo de los niveles de referencia y el otro por encima de éste. El resultado obtenido de la dosis efectiva comprometida durante todo el periodo, de cada individuo, se comparó con la dosis efectiva comprometida resultante de la medida del último día y a mitad de periodo, como criterio para definir la mejor frecuencia de monitoreo.

2. METODOLOGÍA

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Bioanálisis de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín en donde se dispuso de un detector de NaI (TI) de 2x2 pulgadas conectado a un sistema de espectrometría con su respectivo software de análisis, este fue calibrado para las diferentes técnicas de medición (Frotis superficial, Orina y Tiroides) y los diferentes radionúclidos de interés en el monitoraje (^{131}I y $^{99\text{m}}\text{Tc}$).

Se escogieron dos centros de importancia en volumen de procedimientos de Medicina Nuclear en la Ciudad de Medellín, primero se realizaron medidas de área a través de frotis superficial para identificar las zonas en donde se presentaba riesgo de incorporación debido a las contaminaciones superficiales que se pudieran dar, luego se clasificaron los TOE a monitorear donde se seleccionaron los individuos que por sus tareas rutinarias presentarían riesgo de incorporación : 1 Medico (M1), 4 Tecnólogos (TC1, TC2, TC3, TC4), 1 secretaria (S1) y 1 señora de oficios varios (E1) que tenía ingreso a los lugares en que había riesgo de incorporación, con el

fin de obtener un cronograma de las actividades realizadas por las tecnólogas en función de sus actividades y de las potenciales incorporaciones que se pudieran dar, diariamente cada tecnóloga hacía el registro de los procedimientos donde incluía: el radionuclido manipulado, la actividad dosificada y la vía de administración al paciente.

Los radionúclidos más usados son ^{99m}Tc y ^{131}I , los tecnólogos son las encargadas de desempacar el material, almacenarlo en el cuarto caliente, dosificarlo y marcarlo, administrarlo y preparar al paciente para obtener la imagen deseada ó hasta que el paciente es transportado hacia el cuarto de hospitalización en casos de tratamientos con ^{131}I . Es así como estos tecnólogos están expuestas al material radioactivo desde que llega al centro hasta que el paciente sale del mismo. Luego de clasificar los TOE se empezaron a recolectar muestras de orina de cada uno con un volumen aprox. de 500 ml, día por medio en cada centro, las muestras fueron llevadas al laboratorio donde eran analizadas, almacenadas y luego mediante un sistema de desagüe especial se desechaban, verificando primero que no presentaran riesgo radiológico.

Al inicio de las actividades se tomaron muestras de orina sobre los 7 individuos, después de la primera semana se decidió no realizar mas mediciones sobre S1 y E1, dado que sus muestras no presentaban ninguna contaminación y se coordinó para que estos individuos no ingresaran a las instalaciones donde se presentaba riesgo de incorporación. Luego de 15 días de iniciar el monitoreo, la tecnóloga TC1 toma vacaciones y por tal motivo no continúa con el proceso, la tecnóloga TC2 está en embarazo y fue retirada de sus tareas 15 días antes de comenzar el programa, pero aún así se le realizan las medidas de orina durante el monitoreo especial. Solamente TC3 y TC4 mostraron medidas significativas de actividad en análisis directos e indirectos realizados.

Usando el programa AIDE [3] se realizaron las evaluaciones de dosis efectiva comprometida teniendo en cuenta el tipo de muestra, la fecha de recolección y la fecha posible de la incorporación según las actividades realizadas por cada Tecnóloga.

3. RESULTADOS

A continuación se muestran las tablas de resultados de las medidas de bioanálisis in vitro y in vivo para orina 24h y tiroides. Estas tablas contienen las fechas de medición, el estimativo del día de la incorporación, la actividad incorporada y la dosis efectiva comprometida para los radionúclidos en estudio.

La Tabla I contiene los resultados obtenidos de TC3 para orina 24h, en este caso se determinó una única incorporación de ^{131}I como lo demuestra la Figura 1 obtenida del software AIDE, en donde se muestra la actividad excretada de orina 24h y los puntos marcados, que corresponden a las medidas corregidas a la orina eliminada de 24h, los cuales se ajustan perfectamente según el modelo del ICRP. En la misma tabla se dan los valores de actividad medida, incorporación y contribución a la dosis efectiva comprometida debida al ^{99m}Tc . En la Tabla II se reportan las medidas de actividad en tiroides, asumiendo que esta actividad se debe a la misma incorporación por el análisis anterior y que se corrobora porque las medidas en orina 24h posteriores al día

09/11/05 están por debajo del nivel de detección que para el ^{131}I es de 0.5 Bq. La E(50) total estimada considerando la contribución de los dos radionucléidos es de 0.041 mSv por el análisis de orina 24h, y de 0.08 mSv a partir del resultado de la medida de tiroides.

Tabla I. Resultados de las medidas en orina 24h de TC3

Laboratorio		Bioanálisis				
Organización		Universidad Nacional				
Dirección		Sede Medellín BI 21-219				
Sistema de Detección		Detector NaI(Tl) 2X2 pulgadas				
Nombre y e-mail del analista		Cristian Camilo Beltrán. ccbeltra@gmail.com				
Código de la muestra		TC3				
Organización		Medicina Nuclear 2				
Geometría de medición		Orina				
Tiempo de Medición		15 minutos.				
Fecha (dd/mm/aa)	Radionúclido	Actividad (Bq/día)	Incertidumbre (%)	Fecha de Incorporación	Incorporación (Bq)	E (mSv)
03/11/05	I-131	769	0.14	02/11/05	1450	0.03
	Tc-99m	0	2.0	--	0	0
04/11/05	I-131	32	0.14	02/11/05	751	-
	Tc-99m	0	2.0	-	0	0
08/11/05	I-131	0.42	0.14	02/11/05	2280	-
	Tc-99m	462	2.0	07/11/05	68200	0.002
09/11/05	I-131	0	0.14	-	0	0
	Tc-99m	1474	2.0	08/11/05	218000	0.005
10/11/05	I-131	0	0	-	0	0
	Tc-99m	0	0	-	0	0
16/11/05	I-131	0	0	-	0	0
	Tc-99m	3480	2.0	15/11/05	5.14E05	0.001
18/11/05	I-131	0	0	-	0	0
	Tc-99m	8301	2.0	17/11/05	1.23E06	0.003
21/11/05	I-131	0	0	-	0	0
	Tc-99m	0	0	-	0	0

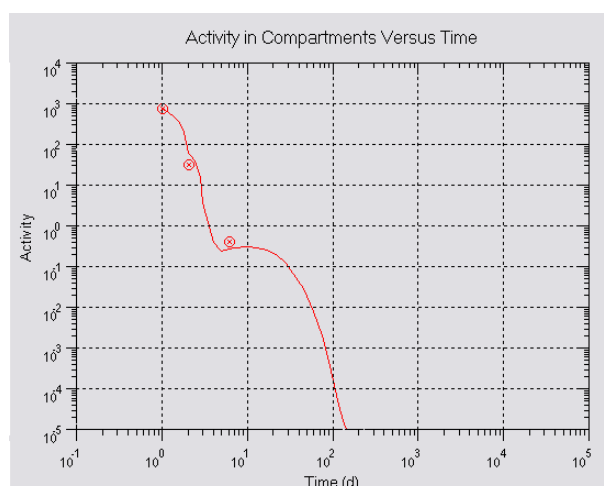


Figura 1. Actividad excretada en orina 24h en función del tiempo según modelo ICRP y medidas de actividad de TC3

Tabla II. Resultados de las medidas en Tiroides de TC3

Geometría de medición		Tiroides				
Fecha (dd/mm/aa)	Radionúclido	Actividad (Bq/día)	Incertidumbre (%)	Fecha de Incorporación	Incorporación (Bq)	E (mSv)
17/11/05	I-131	226	0.14	02/11/05	4020	0.08
18/11/05	I-131	257	0	--	-	-

Las Tablas III y IV y la Figura 2, muestran que para TC4 hubo tres incorporaciones de ^{131}I , la primera ocurrió el día 18/11/05 donde incorporó una actividad de 2.05×10^5 Bq y una E(50) de 4.11 mSv; la segunda fue el día 30/11/05 incorporó 251 Bq para una E(50) de 0.005 mSv; y la tercera se presentó el 02/12/05 con 1.41×10^5 Bq y 28.2 mSv. La E(50) total estimada considerando la contribución de los dos radionucléidos es de 32.36 mSv por el análisis de orina 24h, y de 42.5 mSv a partir del resultado de la medida de tiroides.

Tabla III. Resultados de las medidas en orina 24h de TC4.

Laboratorio		Bioanálisis				
Organización		Universidad Nacional				
Dirección		Sede Medellín BI 21-219				
Sistema de Detección		Detector NaI(Tl) 2X2 pulgadas				
Nombre y e-mail del analista		Cristian Camilo Beltrán. cbeltra@gmail.com				
Código de la muestra		TC4				
Organización		Medicina Nuclear 1				
Geometría de medición		Orina				
Tiempo de Medición		15 minutos.				
Fecha (dd/mm/aa)	Radionúclido	Actividad (Bq/día)	Incertidumbre (%)	Fecha de Incorporación	Incorporación (Bq)	E (mSv)
17/11/05	I-131	0	-	-	0	0
	Tc-99m	1150	0.2	16/11/05	1.7E05	3.7E-3
21/11/05	I-131	152	0.14	18/11/05	2.05E05	4.11
	Tc-99m	0	-	-	-	-
23/11/05	I-131	60	0.14	--	--	--
	Tc-99m	221	0.2	--	--	--
01/12/05	I-131	133	0.14	30/11/05	251	0,005
	Tc-99m	167	0.2	-	-	-
05/12/05	I-131	874	0.14	02/12/05	1.41E06	28.2
	Tc-99m	1368	0.2	03/12/05	1.7E06	3.89E-02
07/12/05	I-131	555	0.14	--	--	--
	Tc-99m	--	--	--	0	0
09/12/05	I-131	125	0.14	--	--	--
	Tc-99m	--	--	--	--	--

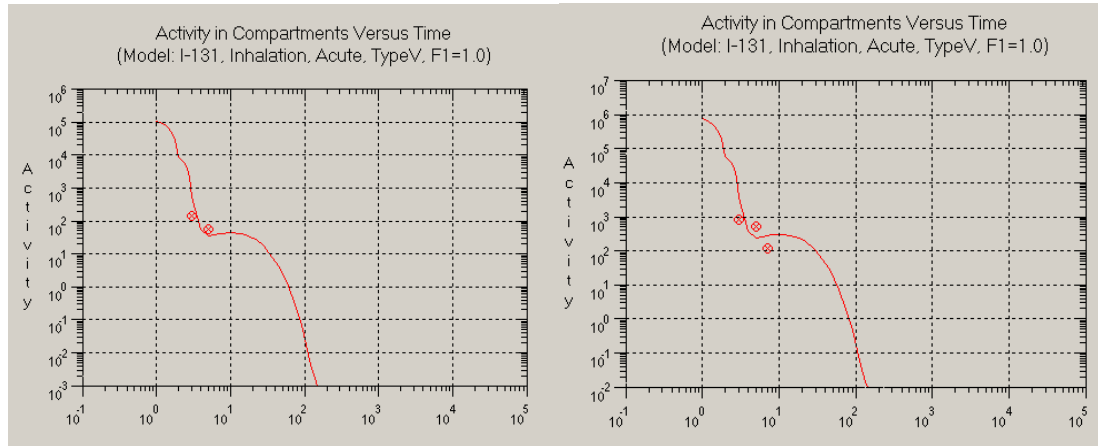


Figura 2. Actividad excretada en orina 24h en función del tiempo según modelo ICRP y medidas de actividad de TC4

Tabla II. Resultados de las medidas en Tiroides de TC3

Geometría de medición			Tiroides			
Fecha (dd/mm/aa)	Radionúclido	Actividad (Bq)	Incertidumbre (%)	Fecha de Incorporación	Incorporación (Bq)	E (mSv)
25/11/05	I-131	23250	0.14	18/11/05	1.66E05	3.32
09/12/05	I-131	274000	0.14	02/12/05	1.96E06	39.2

4. CONCLUSIONES

Tal y como se ve en los resultados se tienen dos situaciones extremas una de muy baja dosis y la otra que sobrepasa los límites. Si se siguen las recomendaciones del ICRP para establecer el periodo de monitoreo rutinario para incorporaciones del ¹³¹I, es decir, periodos de 15 o 30 días se nota que para TC3 habría una sobreestimación de E(50) ya que AIDE muestra valores de 78 mSv y 82 mSv respectivamente si se considera como única medida rutinaria la realizada el 03/11/05, lo cual implicaría un monitoreo especial, que mostraría como se observó que la incorporación corresponde a un día antes de la medida. Si se considera 7 o 15 días después de la fecha mencionada habrá una subestimación de la dosis, sin embargo, el análisis en tiroides para periodo de 30 días muestra una dosis de 0.07 mSv y para 15 días de 0.03 mSv que corresponden con el encontrado en el monitoreo especial. Lo que se puede concluir de este análisis es que en el caso de un monitoreo de rutina una medida de orina 24h que implique una E(50), por encima de los

niveles de referencia obliga a un monitoreo especial, en cuanto que una medida de tiroides daría cuenta real de la E(50) independiente del periodo de monitoreo.

En el caso de una sobreexposición como ocurrió con TC4, si se toma la última medida de orina 24h como única medida rutinaria, la E(50) queda subestimada para cualquiera de los dos periodos, 12.7 y 13.4 mSv para 15 y 30 días respectivamente, los cuales de todas formas están por encima de los niveles de referencia y por lo tanto obligaría a un monitoreo especial. Sin embargo, medidas de tiroides de mitad del periodo (25/11/05) de monitoreo especial realizado en este trabajo muestran que para periodos de 15 y 30 días darían E(50) de 3.32 y 7.06 mSv respectivamente. Si consideramos la segunda medida de tiroides (09/12/05) para periodos 15 y 30 días, AIDE muestra que E(50) toma valores de 38.2 y 82.4 mSv respectivamente y como se puede observar el valor para el periodo de 15 días se aproxima al calculado por el monitoreo especial. Por tanto en casos críticos como es este, es aconsejable definir un periodo de 15 días con medida de tiroides

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Vicerrectoria de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia por el apoyo financiero en la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] International Commission on Radiological Protection, *ICRP, Publication 67: Age-Dependent Doses to Members of the Public From Intake Of Radionuclides: Part 2 Ingestion Dose Coefficients, 67annals of the ICRP Volume 23/3-4*. ISBN: 0-08-041155-X, publication date: 1994: ELSEVIER
- [2] International Commission on Radiological Protection, *ICRP, Publication 78, Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers, 78: Annals of the ICRP Volume 27/3-4, Replacement of ICRP Publication 54*. ISBN: 0-08-041155-X, publication date: 1999: ELSEVIER.
- [3] D. R. Melo, L Bertelli, J.L Lipsztein, R. Cruz Suarez and M.C. Lourenço. *Use of AIDE Software for Internal Dose Assessment in Accidental Exposure*, www.ird.gov.br/book/Medical_needs.html, 2006.