

# SISTEMA PARA LA MEDICION DE CUERPO ENTERO Y ESTIMACION DE DOSIS POR DIFERENTES VIAS DE IRRADIACION EN UN GRUPO DE INFANTES DE AREAS AFECTADAS POR EL ACCIDENTE DE CHERNOBIL

R.C. Suárez; G.M. López Bejerano; J.O. Arado; L.A. Jova Sed  
Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones.

## RESUMEN

El artículo describe la implementación de dos contadores corporales con blindaje parcial de sombra y geometría de camilla, para determinar la actividad del Cs-137 presente en el cuerpo; las técnicas de calibración y la metodología usada para la estimación de dosis de diferentes fuentes de irradiación. Se presentan los resultados de un grupo de 4506 niños provenientes de áreas afectadas por el accidente de Chernobyl. En 69 % de los niños estudiados se detectaron contenidos de Cs-137 con valores mayores que la actividad mínima detectable. La actividad específica osciló entre 1,5 y 565 Bq/kg. Los resultados de las dosis estimadas muestran que el componente externo de la dosis es el factor de mayor contribución a la dosis total con valores entre 3,6 y 87,6 mSv. La dosis hipotética de yodo en tiroides alcanzó valores hasta de 2 Gy. La dosis interna de Sr-90 y Cs-137 alcanzó valores de unidades de mSv. La dosis total fue estimada entre 8 y 172 mSv.

## ABSTRACT

Paper describes the implementation of two whole body counters with partial shadow shield and lying geometry in order to determine Cs-137 body burden; calibration technics and used methodology for dose estimation from different sources of irradiation. Results in a group of 4506 children coming from affected areas due to Chernobyl accident are presented. In 69 % measured children was detected contents of Cs-137 with higher values to the minimum detectable activity. The specific activity oscillated between 1.5 and 565 Bq/kg. Results of dose estimation show that external dose component is the major contributing factor to the total dose with values between 3.6 and 87.6 mSv. The hypothetical iodine dose in thyroid reached values up to 2 Gy. The internal dose of Sr-90 and Cs-137 reached unity values of mSv. The total dose was estimated between 8 and 172 mSv with means values of mSv.

## 1. INTRODUCCION

Como parte de la atención médica general que reciben en la República de Cuba un grupo de niños procedentes de zonas afectadas por el accidente de Chernobyl el Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones realiza estudios dosimétricos en los que se incluyen:

- el montaje de las instalaciones para las mediciones de la actividad de Cs-137 presente en el organismo de los niños, el equipamiento y los fantomas de calibración preparados, así como los resultados del procedimiento de calibración para infantes.

- el estudio dosimétrico que comprende la estimación de la dosis de I-131 en tiroides, la estimación de dosis producto de la contaminación de Sr-90 en el terreno y el cálculo de las dosis efectivas integradas en 70 años producto de la incorporación de Cs-137 en el organismo de los niños asumiendo un modelo de incorporación crónica.

El estudio realizado abarca 4506 niños de las Repúblicas de Ucrania (69.3 %). Bielorus (8.1%) y Rusia (22.5%) procedentes de 659 poblados y con edades entre 1 y 17 años.

## 2. MATERIALES Y METODOS

En la Ciudad de los Pioneros "José Martí" se instalaron dos contadores de cuerpo entero con blindaje parcial de sombra de 5 cm de plomo y geometría de camilla. En cada instalación se empleó un detector de NaI(TL) de 150\*100 mm y un analizador multicanal AMC-01 de fabricación nacional.

Para la calibración del sistema se utilizó un juego de simuladores formados por recipientes plásticos con los cuales se crearon fantasmas de diferentes pesos y tallas, que abarcan desde un niño de 5 Kg hasta el Hombre Dosimétrico de Referencia de 70 kg [1]. Los radionúclidos empleados en la calibración fueron emisores gamma con energías entre 511 y 1460 Kev : Sr-85, Mn-54, Cs-137 y K-40. El fantoma utilizado para medir el fondo contiene la cantidad de potasio y calcio correspondiente a cada peso [2,3], con lo cual se hace más exacta la determinación del Cs-137 debido al mejor conocimiento del aporte del K-40 presente en cada niño. Para el caso del Cs-137 la eficiencia de detección determinada para cada fantoma fue ajustada por el método de mínimos cuadrados en dependencia de su relación peso/talla.

Los valores de la eficiencia de detección y la actividad mínima detectable se presentan en la Tabla 1. El error de medición de actividad para un intervalo de confianza del 90 % se estimó en un 32 %.

superficial para la regiones de donde proceden los niños [4,5,6,7,8].

Los procedimientos para la estimación de dosis por irradiación externa para el primer año posterior al accidente incluye a los radionúclidos Ru-103, Ru-106, I-131, Cs-134 y Cs-137. La estimación de dosis efectiva producida por el Sr-90 se limitó a un pequeño grupo de 1314 niños de aquellas zonas donde se conocen los valores de contaminación del terreno con este radionúclido. Se aplicaron los factores de transferencia recomendados por UNSCEAR [9].

Las dosis absorbidas en tiroides producidas por I-131 se calcularon sobre la base de una estimación hipotética conociendo la relación en que se encontraba este radionúclido y el Cs-137 en el terreno. Se aplicaron los factores de transferencia para diferentes zonas con contaminación de superficie de Cs-137 [8,9].

Para el cálculo de la dosis por contaminación interna se empleó la metodología recomendada por la publicación 30 de la CIPR [10]. Este procedimiento está establecido para personas adultas; en el caso de estimación de dosis para niños es necesario tener en cuenta la masa del órgano de interés o de todo el cuerpo. Se asume un período de tiempo de 70 años [11,12].

Tomando en cuenta las características físicas y metabólicas del Cs-137 el cálculo de dosis equivalente integrada en 70 años se realiza por la ecuación:

**Tabla 1. Características de los Contadores de Cuerpo Entero empleados.**

Radionúclido	Contador-1		Contador-2	
	ε(cps/Bq)*	AMD (bq)**	ε(cps/Bq)	AMD (Bq)
Cs-137	3.09 E-3	105	2.66 E-3	126
K - 40	1.63 E-3	1036	1.69 E-3	804

\* Tiempo de medición 25 min.

\*\* Simulador de Hombre Dosimétrico de Referencia.

La información preliminar para la estimación de dosis equivalente por irradiación externa se obtuvo a partir de una encuesta realizada a cada niño con el objetivo de conocer su ubicación geográfica, sus hábitos de alimentación y de vida en la etapa durante y posterior al accidente. Las dosis se estimaron utilizando la información de publicaciones oficiales ucranianas y de otros organismos internacionales donde se presentaron valores de las tasas de dosis y contaminación

$$H_{70,t} = 1.6 \cdot 10^{-10} [U_{Cs}(70/m) SEE_{Cs} + U_{Ba}(70/m)^{0.66} SEE_{Ba}]$$

donde:

U.....es el número de transformaciones que ocurren en todo el cuerpo en 50 años posteriores a la incorporación por Bq incorporado, debido a la desintegración del Cs-137 y el Ba-137m.

SEE...energía específica efectiva para adulto producida por desintegración del Cs-137 y el Ba-137m respectivamente.

Todos los cálculos se efectuaron para el momento de estancia del niño en Cuba y como pronóstico en 70 años asumiendo que continúa

habitando en la misma región. La estimación de dosis total incluye el aporte de cada uno de los procedimientos explicados.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados generales de las mediciones realizadas se presentan en la Tabla 2 de acuerdo a las repúblicas de procedencia de los infantes. El mayor número de mediciones se realizó a los niños de Ucrania con el 70 % del total.

conservador producto de que se asume un cociente I-131/Cs-137 en el ambiente que se conoce de manera general y no por localidad específica. Un 44 % de los niños se estima recibieron dosis en tiroides superiores a 40 mGv.

El cálculo de la dosis efectiva integrada por Cs-137 mostró que el 70 % de los niños reciben dosis inferiores a 0.1 mSv. Los valores máximos estimados tienen valores de unidades de mSv.

**Tabla 2. Resultados generales de la medición de Cs-137 en el organismo de los niños para las tres repúblicas estudiadas.**

República	Número de niños medidos	Mediciones con actividad total superior a AMD		Intervalo actividad total (kBq)	Intervalo actividad específica (Bq/Kg)
		Número	%		
Bielorús	367	324	88.28	0.1-8.47	1.5-363
Ucrania	3121	2239	71.74	0.1-31.82	1.5-565
Rusia	1018	548	54.10	0.1-11.53	1.5-195
Totales o intervalos	4506	3111	69.10	0.1-31.82	1.5-565

En el 69 % de los niños medidos se detectaron contenido de actividad de Cs-137 en el organismo en valores superiores a la actividad mínima detectable. Los valores oscilaron entre 1.5 y 565 Bq/Kg. Un 90 % de los niños medidos presentaron actividad específica inferior a 20 Bq/Kg. La distribución de actividad tuvo un carácter logarítmico normal en cada una de las regiones estudiadas. La prueba de bondad de ajuste fue aceptada.

La distribución de niños por intervalos de dosis de irradiación externa para el cuarto año mostró que el 90 % de los niños reciben por esa vía de irradiación dosis inferiores a 2 mSv, sólo el 5 % reciben dosis superiores a los 5 mSv. El máximo estimado para el período es de 31.42 mSv. El comportamiento de los valores de dosis tanto para el año de estudio como para el pronóstico en los 70 años es lineal.

En el caso de la dosis efectiva producto del Sr-90 la distribución de los niños muestra que el 25 % reciben dosis superiores a la unidad de mSv. Las dosis máximas no superan los 5 mSv.

La estimación hipotética de la dosis absorbida en tiroides en algunas regiones evidenció valores de hasta 2 Gv. Debe señalarse que el cálculo es

La distribución de niños por intervalos de dosis total evidenció que el 80 % de los mismos reciben dosis totales inferiores a 5 mSv. Los valores máximos no sobrepasan los 0.2 Sv.

### 4. CONCLUSIONES

Los niveles de contaminación interna en el universo estudiados oscila entre 1.5 y 565 Bq/Kg, presentando un 90 % actividades inferiores a 20 Bq/Kg. La distribución de actividad medida tiene un carácter log-normal en cada una de las regiones estudiadas.

Se realizaron estimaciones de dosis por diferentes vías de irradiación en el grupo de niños estudiados. La componente de dosis por irradiación externa es el mayor contribuyente a la dosis total con valores entre 3.6 y 87.5 mSv para 70 años. Las dosis hipotéticas de yodo en tiroides alcanzó valores de hasta 2 Gy en algunas regiones. Las dosis internas de Sr-90 y Cs-137 alcanzaron valores de unidades de mSv. La dosis total se estimó entre 8 y 172 mSv con valores medios de unidades de mSv.

### 5. REFERENCIAS

- [1] SUOMELA, M. (Dec.-1983): Whole body counters studies in Radiation Protection y Clinical Research. Institute of Radiation Protection. STL-A45. Helsinki. Finland.

- [2] ICRP (1975): Publication 23. Report of the Task Group on Reference Man. Pergamon Press.
- [3] BRODSKY, A. (1986): Accuracy and detection limits for bioassay measurements in radiation protection. Statistical considerations. NUREG-1156.
- [4] [1986]: URSS state Committee on the utilization of Atomic Energy. The Accident on the Chernobyl Nuclear Power Plant and its Consequences. Part I. II.
- [5] (1989): Medical Aspects of the Chernobyl Accident. IAEA TECDOC -516 Vienna.
- [6] (1988): United Nations. Sources, Effects and Risk of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. 1988 Report to the General Assembly with annexes. United Nations sales publication E.88.IX.7. New York.
- [7] (1989): State Committee on Hydrometeorology. Data on Radiactive Contamination in settlements of the Ukrainian SSR by Cs-137 and Sr-90. Moscow.
- [8] (1991): The International Chernobyl Project. Assessment of Radiological Consequences and Evaluation of Protective Measures. Report by an International Advisory Committee. IAEA. Vienna.
- [9] United Nations. Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects. United Nations Scientific Committee on the effects of Atomic Radiation. 1982 Report to the General Assembly with annexes. United Nations sales publication E.82.IX.8. New York.
- [10] (1980): ICRP Publication 30. Limits for intake radionuclids by workers. ICRP. Pergamon Press.
- [11] (1969): ICRP Publication 10 A. The Assessment of Internal Contamination Resulting from Recurrent or Prolongued Uptakes. ICRP.
- [12] (1986): Husak a kolektiv. Dozimetrie Vnitnich Zaricu. CVUT PRAHA.