

DISTRIBUCION DE LA DOSIS EQUIVALENTE DURANTE LA EXPOSICION OCUPACIONAL EN PROCEDIMIENTOS DE RADIONCOLOGIA

Dr. Jose Marco Hernandez
Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología
Calle 29 y F, Vedado, La Habana, CUBA

SUMMARY

In this work are presented the results of the radiological surveillance of occupational exposed workers at the National Institute of Oncology and Radiobiology during 26 years. The incidence of the equivalent dose in the personal working with radiant sources and radioactive substances in areas of X rays diagnostic, teletherapy, brachitherapy, nuclear medicine and biomedical research is precised.

The dosimetric system employed, makes use of ORWO RD3/RD4 monitoring film with copper and lead filters inside a cuban manufactured plastic cassette. The experimental method is supported by the optical densitometric analysis of films together with a set of standard film calibrated in standard X and gamma photn beams by means of a secondary standard dosimeter, type NPL.

Statistics show, that except those working with radium-226, manual brachitherapy or $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ generator elution the dose equivalent distribution in our workers have been kept in regions well down the annual permissible limit.

INTRODUCCION:

La dosimetría filmica personal de los trabajadores ocupacionalmente expuestos a las radiaciones ionizantes en Cuba, se inicia en 1968(1), con la colaboración del servicio de dosimetría filmica del Instituto de Investigación, Producción y Aplicación de Radioisótopos, de Praga, Checoslovaquia. Un año más tarde, mediante un proyecto de asistencia técnica del Organismo Internacional de Energía Atómica, recibimos el equipamiento necesario, quedando establecido un servicio regular de dosimetría con sede en el Departamento de Protección Radiológica del Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología (1).

En este trabajo se presenta el análisis de las distribuciones de dosis equivalente durante 27 años, en áreas del INOR donde se manipulan fuentes abiertas o encerradas, de uso médico, cuyas actividades varían desde unos pocos kBq hasta niveles del orden de los TBq. Esto nos ha permitido identificar las categorías laborales que reciben las dosis más significativas y orientar las medidas de seguridad y protección radiológicas para hacerlas más efectivas.

SISTEMA DE MONITORAJE

Para la determinación de las dosis acumuladas de rayos beta, X y gamma se utilizan películas fotográficas tipo ORWO RD3/4 constituidas por la combinación de dos emulsiones de diferentes sensibilidades. El portapelículas consiste en una caseta plástica, de fabricación nacional con una superficie de 5 cm x 4 cm y 150 cm cuadrado de espesor. En la porción central existe una ventana abierta de 9 mm de diametro. Cada una de las dos tapas de la caseta tiene montados un filtro de plomo de 0.5 mm de espesor y tres filtros de cobre de 0,05; 0,5 y 1,5 mm de espesor. El peso total del dosímetro incluidas la película doble es 17 gramos. El proceso de revelado de las películas se realiza transcurrido un período de cuatro semanas. Las películas de los usuarios se revelan junto con juegos de 15 películas patrones irradiadas con rayos gamma en intervalos sucesivos, hasta 50 mGy y 17 películas patrones irradiadas con rayos X en el rango de 100 μGy a 10 mGy. La metrología de los haces de fotones esta soportada por la utilización de un dosímetro patrón secundario tipo NPL 2560. En la lectura de las densidades ópticas se utilizó

un densitómetro con rango de 0 a 6 unidades de densidad óptica. La determinación de las dosis se realizó mediante la ejecución de un programa de cálculo electrónico, y ajustando los datos de las curvas de calibración mediante polinomios ortogonales de Forsyth(2).

RESULTADOS

Los datos estadísticos presentados a continuación constituyen el resultado del análisis de las dosis recibidas por 180 trabajadores quienes han laborado en los departamentos de Medicina Nuclear (diagnóstico), Radioterapia (teleterapia) Curioterapia (braquiterapia con radium 226 y terapia con yodo 131), Rayos X (diagnóstico), Biología y Bioquímica (investigaciones biomédicas), Electromedicina (reparación y montaje de equipos nucleares) y Protección Radiológica.

La dosis equivalente anual media recibida por 43 trabajadores en 1968 fue 4,81 mSv y 1,92 mSv la recibida por 75 trabajadores en 1994. En el período 1968-89, el valor mínimo quedo registrado en 1979 con 2,55 mSv y el valor máximo en 1974 con 7,95 mSv. La dosis equivalente colectiva aumento de un valor de 206,75 hombre.mSv en 1968 a un valor máximo igual a 660,81 hombre.mSv en el año 1982, pasando por valores intermedios en los años considerados y resultando 348,6 hombre.mSv en 1989. Estos aumentos de la dosis equivalente colectiva no obedecieron a un aumento injustificable de los niveles de dosis media sino a un aumento en el número de trabajadores que labora con radiaciones ionizantes debido a un desarrollo mayor de esta actividad en el transcurso de los años considerados.

La tabla I indica una tendencia a disminuir de la dosis equivalente media desde un máximo de 5,1 mSv para el quinquenio 1973-77 a 2.25 mSv para el quinquenio 1990-94, en que se introduce el método de braquiterapia por carga diferida manual con cesio 137 en sustitución del radium 226. En el cálculo de la dosis anual media no se incluyeron aquellas personas con una dosis anual cero.

TABLA I: TRABAJADORES OCUPACIONALMENTE EXPUESTOS QUE HAN RECIBIDO UNA DETERMINADA DOSIS EQUIVALENTE. INOR (1968-1994)

Años	No. trab.	Porciento de registros según rango de dosis				Dosis media mSv	Dosis colectiva hombre.Sv
		≤5 mSv	5.1-15 mSv	15.1-50 mSv	>50mSv		
1968-72	253	65,2	32,8	1,98	-	4,8	1,214
1973-77	407	82,3	12,3	3,93	1,47	5,1	2,076
1978-82	521	83,9	12,3	3,45	0,38	3,6	1,875
1983-87	640	83,0	12,2	4,53	0,31	3,74	2,394
1988-89	265	81,8	12,8	5,28	-	3,6	0,954
1990-94	409	92,6	6,6	0,73	-	2,25	0,920
Total	2495	82,7	13,46	3,41	0,4	3,79	9,450

La distribución de la dosis equivalente por departamento nos indica en la tabla II, que el 50,71 % de estas dosis estan centradas en el personal que labora en los procedimientos de diagnóstico con fuentes abiertas (Medicina Nuclear) y en aquellos que ejecutan las técnicas de tratamiento radiante por teleterapia con un 41,21 % de valores inferiores a 1/10 del límite permisible de dosis (LPD) que establece la norma cubana NC:69-01:81 (2). Significativamente el mayor número registros en el rango de dosis superiores

a los 3/10 del límite permisible ha tenido lugar en el departamento de Curieterapia donde 92 veces se registraron dosis en el rango de 5 a 15 mSv, 45 entre 15 y 50 mSv, y 8 de las 10 exposiciones superiores al LPD(50 mSv) ocurridas en el INOR en todos los años. El departamento de diagnóstico mediante rayos X, ocupa el tercer lugar en cuanto al número total de registros (363). Sin embargo, éstos caen esencialmente por debajo de 5 mSv. Aparecen 4 registros superiores 15 mSv, pero estos corresponden a exposiciones durante la ejecución de procedimientos de localización radiográfica de fuentes radium 226 implantadas a pacientes.

En 1974, dos trabajadores del departamento de Electromedicina recibieron una exposición accidental con rayos gamma durante la reparación de una instalación de telegammaterapia con cobalto 60, recibiendo dosis iguales a 141,44 y a 138,38 mSv; siendo éstas las mayores dosis registradas en el INOR.

La distribución de la dosis equivalente según la categoría laboral nos muestra que los técnicos en radiofísica médica que laboran en curieterapia han recibido la mayor dosis equivalente anual media (19,4 mSv), seguidos por las enfermeras que laboraron hasta 1989 en la sala de pacientes ingresados bajo tratamiento con radium 226 o con yodo 131. Este subgrupo registra una dosis equivalente igual a 9,15 mSv. En tercer lugar tenemos a las auxiliares asistenciales y de servicios de dicha sala, con una dosis equivalente igual a 8,16 mSv. Los trabajadores pertenecientes a éstas tres categorías han recibido individualmente dosis equivalentes anuales medias máximas iguales a 22,02 mSv; 15,56 mSv; y 17,68 mSv.

Teniendo en cuenta que anualmente fueron manipulados 41,5 Ci (1,5355 TBq) de radium 226 en curieterapia, la dosis equivalente media anual recibida por cada técnico de este departamento fue aproximadamente igual a 0,47 uSv/mCi.

En la atención a un promedio anual de 500 pacientes las enfermeras han recibido una dosis equivalente media igual a 18,3 uSv/paciente. Las auxiliares de la sala han recibido 16,32 uSv/paciente. A su vez los técnicos que han aplicado alrededor de 150000 campos de teleterapia anualmente, reciben 0,037 uSv/campo aplicado.

La tabla II, también nos indica que la dosis equivalente media para todos los departamentos fue máxima en Curieterapia (9,61 mSv) y mínima en Biología (1,20 mSv). Los procedimientos de trabajo con la manipulación de fuentes de radium han dado lugar al 34,12 % de la dosis colectiva total. Medicina Nuclear y Radioterapia (teleterapia) han contribuido con el 22,08% y 22,03 % respectivamente.

TABLA II: DISTRIBUCION DE LA DOSIS EQUIVALENTE ANUAL POR DEPARTAMENTOS
Por ciento de registros (1968-89)

	Por ciento de registros (1968-89)				Dosis Dosis	
	≤5 mSv	5.1-15 mSv	15.1-50 mSv	>50 mSv	media mSv	colectiva hombre.Sv
Medicina Nuclear	20,45	4,12	0,62	0	3,57	1,8791
Teleterapia	20,76	4,02	0,72	0	3,52	1,8741
Curieterapia	7,53	4,41	2,16	0,38	2,15	2,9028
Rayos X,diagnost.	15,86	1,34	0,19	0	2,13	0,784
Bioquímica	6,76	0	0	0	1,32	1,8637
Biología	0,96	0	0	0	1,2	0,0235
Prot. Radiológica	4,22	0,34	0,05	0	2,49	0,2394
Electromedicina	3,59	0,58	0,19	0,09	6,66	0,6191
Medicina nuclear *	-	-	-	-	2,57	0,393
Teleterapia *	-	-	-	-	1,52	0,233
Braquiterapia *	-	-	-	-	4,15	0,265
Todas categorías *	92,6	6,6	0,8	0	2,25	0,922

* Corresponden al quinquenio 1990-94

Del análisis de la distribución de la dosis equivalente anual a partir de los datos obtenidos mediante monitoreo personal con dosímetros fílmicos de todos los trabajadores ocupacionalmente expuestos, resulta que esta distribución se comporta como una función logarítmica normal(3), con una media igual a 3,79 mSv.

TABLA III: COMPARACION INTERNACIONAL DE LA DOSIS EQUIVALENTE MEDIA ANUAL (mSv)

País	Rayos X (diagnóstico)	Radioterapia	Medicina Nuclear	Todas las categorías
Brasil (1988)	2,97	3,73	4,18	3,23
Cuba 1968-94)	2,15	3,52	3,57	3,78
Francia (1979)	0,9	1,1	0,5	-
Inglaterra(1980)	0,14	2,57	-	-
E U A (1980)	3,0	-	-	1.50

La tabla III nos muestra comparativamente (5,6) que la dosis media anual en procedimientos médicos en Cuba se comporta más próxima a la del Brasil que la correspondiente a países desarrollados.

CONCLUSIONES

1.El control dosimétrico de la exposición externa de nuestros trabajadores ha estado asegurada durante más de veinte años gracias a la utilización sistemática de la técnica de la dosimetría fílmica.

2.El 83 % del personal que labora con sustancias radioactivas y otras fuentes de radiaciones ionizantes ha recibido una dosis equivalente baja esencialmente en un rango inferior a 5 mSv. De cada 100 películas procesadas 4 registran dosis superiores a 15 mSv. Excepcionalmente se han registrado valores de la dosis equivalente que exceden el límite permisible anual.

3.La dosis equivalente anual media para todos los trabajadores es igual a 3,8 mSv y la dosis colectiva promedio 0,350 hombre.Sv. Después de los primeros años de ocurrencia de alrededor de un 45 % de exposiciones en el rango de 5 a 15 mSv, el monitoreo fílmico sistemático y la educación radiológica permitieron que a partir de 1971 quedara estabilizada la ocurrencia de dosis menores que 5 mSv con una frecuencia anual siempre mayor que 74 %. Por consiguiente se ha logrado mantener adecuadamente una vigilancia radiológica del personal, y el esfuerzo de esta técnica logró reducir las exposiciones ocupacionales a niveles aceptables.

4.En términos generales las dosis equivalentes anuales alcanzaron los valores más elevados en los procedimientos de Braquiterapia manual con radium 226, servicios asistenciales a pacientes en la sala de terapia con fuentes abiertas y encerradas, (Curieterapia) y durante la elución de generadores de tecnecio 99m e inyección de radiofármacos en Medicina Nuclear. Actualmente la introducción del método de la carga diferida manual con cesio 137 o carga diferida remota con cobalto 60 en los procedimientos de terapia intracavitaria, se tradujo en una reducción altamente significativa de las dosis equivalentes.

5.Los resultados obtenidos en este trabajo permiten apuntar la ejecución de nuestro programa de control de la calidad de la protección radiológica hacia aquellas categorías laborales que aportan más a la dosis colectiva. Esto, junto con la adopción de medidas técnicas, organizativas y constructivas, a la luz del proceso de licenciamiento que establece la legislación nacional

vigente en Cuba, son elementos esenciales para mantener la salud radiológica del personal ocupacionalmente expuesto en el INOR.

REFERENCIAS

- [1] J.Gavilondo, "La Protección Radiológica en Cuba revolucionaria". Bol. Hig. Epid. 7 Dic (1969) 213-230.
- [2] Trousil, J., Hospes M., Jadera Energía 16 5(1970)158.
- [3] Naciones Unidas. Informe del Comité Científico de Las Naciones Unidas para el estudio de las radiaciones atómicas. Anexo E. Dosis por la exposición ocupacional, 1971.
- [4] C.E.N. Norma Cubana 69-01:81. Sistema Nacional de Protección Radiológica. "Reglas Básicas de Seguridad"
- [5] Cunha P., Freire B., y Drexler G., Occupational Exposure in X Ray Diagnosis in Brazil. Seminar on Dosimetry in Diagnostic Radiology, CEC, PTB, ICRU, WHO. Luxembourg 19-21 marzo 1991.
- [6] United Nations, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation. Report to the General Assembly, 1988.