

"Seguridad Convencional y Radiológica: En una tarea de alto riesgo como la que ocupa a la mayoría del personal, aún no se ha implementado un sistema de seguridad convencional y radiológica adecuado a la misma, exponiéndose a personal a permanentes riesgos, en perjuicio de su salud" (sic), muestran la necesidad imperiosa de dicho diálogo.

Accidentes Radiológicos Mortales

Juan C. Giménez

Introducción

El término accidente radiológico se aplica cuando se produce una sobreexposición humana a radiación, inesperada, externa o interna, con repercusión clínica o biológica. La sobreexposición externa es debida a fuentes de radiación ubicadas fuera del cuerpo mientras que la interna es debida a la incorporación accidental de material radiactivo, ya sea por inhalación, ingestión o a través de heridas o aún de la piel sana.

De acuerdo a la distribución espacial de la exposición, la sobreexposición externa puede afectar todo el cuerpo, una parte o estar limitada a un pequeño volumen.

Según el registro de accidentes radiológicos del Centro de Asistencia para Emergencias por Radiaciones,

del ORNL (EEUU) entre 1944 y el 24/4/86 se produjeron 31 muertes por efectos agudos, de las cuales 29 fueron por sobreexposición externa en todo el cuerpo y 2 por sobreexposiciones internas severas. Como consecuencia del accidente de Chernobil murieron, hasta septiembre de 1986, 29 personas por sobreexposición externa en todo el cuerpo, muchas de ellas agravadas por la destrucción de la piel por la radiación beta emitida por los productos de fisión descargados al ambiente. Es decir que, entre 1944 y septiembre de 1986 se produjeron por accidentes 60 muertes por efectos agudos, la mayor parte debidas a sobreexposiciones externas en todo el cuerpo.

La información cuantitativa disponible sobre los efectos agudos en el hombre, durante los 2 a 3 meses a posteriori de la irradiación, con radiaciones de transferencia lineal de energía (TLE) baja, como es el caso de los rayos X o gamma y dosis superiores a 1 Gy (o biológicamente equivalentes cuando se trata de otros tipos de radiaciones: por ejemplo neutrones rápidos) es limitada, aunque es posible que aumente cuando se publiquen los resultados definitivos del análisis de los efectos tempranos del accidente de Chernobil. No obstante, parte de la información ha sido cubierta por el trabajo experimental con animales de gran tamaño, como la cabra; los datos así obtenidos nos permiten interpretar la respuesta a la sobreexposición pero no su extrapolación al hombre.

El interés por incrementar los conocimientos de este área no proviene solamente por la posible ocurrencia de sobreexposiciones accidentales sino también por su aplicación en el tratamiento del cáncer diseminado y, porqué negarlo, de las víctimas por usos bélicos de la fisión nuclear.

La irradiación aguda en todo el cuerpo produce, por encima de 1 Gy, un cuadro clínico llamado Síndrome

Agudo de Radiación (SAR). De acuerdo a la dosis absorbida en todo el cuerpo, se pueden distinguir 4 formas clínicas del Síndrome Agudo. Ellas son:

- a) una forma hematopoyética o de la médula ósea (FH), resultante de dosis absorbidas comprendidas entre 1 y 10 Gy;
- b) una forma gastrointestinal (FGI) que aparece en caso de dosis entre 10 y 20 Gy;
- c) una forma cardiovascular o toxémica (FC) entre los 20 y 50 Gy; y
- d) una forma neurológica o nerviosa central (FN) para dosis mayores de 50 Gy.

En cada una de éstas formas se pueden distinguir 4 etapas. Estas son:

- 1) inicial o prodromal;
- 2) de latencia o sin manifestaciones clínicas;
- 3) etapa crítica o de estado; y
- 4) recuperación o muerte

Lamentablemente, en muchos casos, estas formas y etapas no son puras (claramente definidas), sino combinadas según la dosis y la distribución espacial y temporal de la exposición. La duración, tanto de las formas como de cada etapa, es inversamente proporcional a la dosis absorbida y por lo tanto a la severidad del cuadro clínico.

Según la dosis absorbida se pueden señalar los siguientes cuadros correlativos (clínicos y biológicos):

- a) Entre 0 y 0,25 Gy: sólo se puede detectar un aumento en la frecuencia de aberraciones cromosómicas en los linfocitos de la sangre;
- b) Entre 0,25 y 1 Gy: a veces se observan transitoriamente náuseas; disminuye el recuento de linfocitos y levemente el de plaquetas; se detectan fácilmente abe-

rraciones cromosómicas en los linfocitos; en algunos casos se registran cambios en el electroencefalograma (EEG).

Como en todas las formas del SAR se aplica el tratamiento al stress de origen psicológico (habitualmente presente en una situación accidental, en particular en aquellas debidas a las radiaciones ionizantes). Cuando es necesario se aplica un tratamiento a los síntomas presentes.

c) Entre 1 y 2 Gy: se presenta la FH en un grado leve; una fracción reducida de las personas sobreexpuestas tienen náuseas y vómitos durante las primeras horas postirradiación; al cabo de 4-6 semanas se puede determinar una disminución del número de leucocitos neutrófilos y de plaquetas, aunque insuficiente para producir infección y hemorragia. Aunque sin tratamiento específico se recuperan la mayoría de las personas expuestas, es necesario un seguimiento hematológico.

d) Entre 2 y 4 Gy: el cuadro clínico presenta un grado moderado de la FH; dentro de las primeras 2 horas la mayoría de las personas tienen náuseas y vómitos; al cabo de 3 a 4 semanas el número de neutrófilos y de plaquetas alcanza su valor más bajo; en todos los pacientes se observa fiebre y hemorragias.

Aplicando las indicaciones terapéuticas actuales es probable la recuperación.

e) Entre 4 y 6 Gy: la forma hematopoyética es severa; también se presentan otros signos como el enrojecimiento de la piel (eritema) y de las mucosas; a las 2 a 3 semanas los resultados del recuento globular muestran un número de neutrófilos y de plaquetas muy reducido, valores que persisten aproximadamente dos semanas.

Sin tratamiento la mayoría de las personas sobreexpuestas en este rango de dosis se mueren, por infecciones y hemorragias. Con en tratamiento adecuado como la sustitución celular se pueden recuperar muchas de las personas irradiadas.

f) Entre 6 y 10 Gy: la FH es extremadamente severa. Dentro de los 30 minutos las personas irradiadas tienen

náuseas y vómitos; en muchos casos aparece diarrea en 1 ó 2 horas; entre el décimo y el décimocuarto día el recuento de células sanguíneas llega a su valor más bajo; en algunos casos entre los días 6 y 8 se presentan manifestaciones clínicas intestinales (que es necesario diferenciar de las propias de la forma gastrointestinal).

Sin el tratamiento adecuado la letalidad es del 100%, a consecuencia de insuficiencia en la función hematopoyética (lesión en médula ósea) y lesiones en otros órganos: tales como la faringe, el esófago, intestino y pulmón. Sin embargo cuando se aplica el tratamiento tempranamente se pueden recuperar algunas personas.

g) Cuando la dosis supera los 10 Gy se presentan sucesivamente las FGI, FC y FH. En todas éstas formas, sea cual fuere el tratamiento aplicado la letalidad es del 100%.

El trasplante de médula ósea, de un dador histocompatible idéntico, parece estar indicado en irradiaciones de todo el cuerpo para una dosis entre 9 y 11 Gy (y tal vez algo más). Dentro de este rango de dosis se evitaría la reacción huésped-transplante ó transplante-huésped, posible por debajo de 9 Gy y de los efectos producidos como consecuencia de la forma gastrointestinal.

Diagnóstico y pronóstico del Síndrome Agudo de Radiación.

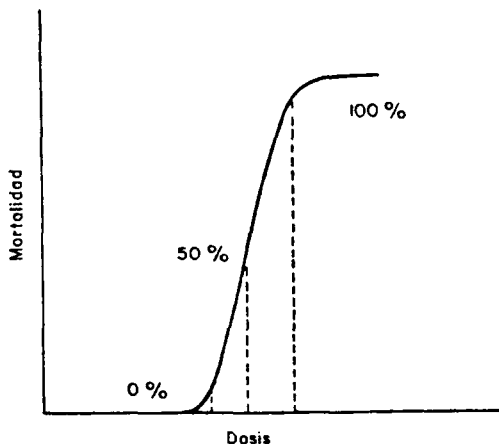
Con el fin de facilitar el la recuperación del mismo en el caso de las sobreexposiciones externas en todo el cuerpo mencionaremos a continuación algunas de las características físicas, clínicas y biológicas vinculadas al S.A.R..

La severidad del Síndrome depende de tres parámetros a saber:

- a) la dosis media en todo el cuerpo;
- b) la distribución espacial de dicha dosis y
- c) la distribución temporal de la misma

Las sobreexposiciones accidentales en todo el cuerpo son muy inhomogéneas a diferencia de las irradiaciones con fines médicos. Por ejemplo cuando la exposición ha sido unilateral, con radiaciones de TLE baja, la dosis entre dos puntos puede variar en un factor 2 a 3, mientras que con neutrones rápidos dicha diferencia puede llegar a 10 veces. La inhomogeneidad de la sobreexposición es un elemento esencial para la estimación de la posibilidad de recuperación espontánea de la médula ósea o de la oportunidad para la aplicación de un tratamiento específico.

La relación dosis-mortalidad en el hombre se ajusta a una distribución gaussiana o normal.



En una escala uniforme, la relación entre el porcentual de mortalidad y la dosis es sigmoidea. Tiene un valor umbral debajo del cual la dosis no causa mortalidad, seguida de una región donde se produce un pronun-

ciado aumento de la misma cuando aumenta la dosis, de modo tal que pequeños cambios en la dosis, en más o en menos, resultan en una gran variación de la probabilidad de muerte, de allí la importancia del tratamiento médico.

Se llama dosis máxima subletal a la máxima dosis que no causa mortalidad y dosis letal mínima a la mínima dosis que produce el 100% de letalidad. La dosis mortal para el 50% de las personas expuestas, al cabo de los 60 días, es la denominado DL 50/60 y equidista de ambas. Estos valores de dosis son de aplicación a un individuo promedio en una población y no a cualquier individuo que pudo haber tenido uan respuesta diferente a la del promedio de las personas afectadas.

Se estima que la DL 50/60 para personas sanas que han recibido tratamiento luego se una sobreexposición aguda es de aproximadamente 4, 5 Gy. A partir de esta estimación se puede inferir que con 2 Gy sería improbable la mortalidad en más del 1% de los individuos y que 7 Gy pueden ser fatales para el 90% de las personas sobreexpuestas.

Es necesario señalar, no obstante, que la DL 50/60 depende de:

- a) el sexo: la mujer es más radiosensible que el hombre;
- b) la edad: la extrapolación, a partir de la investigación con animales, permite suponer que al nacimiento la DL 50/60 es más baja, aproximadamente en un factor 2 respecto del adulto; el valor mínimo corresponde a edades avanzadas, para mayores de 70 años, es un factor del orden de 0,5 de la estimada para adultos;
- c) el estado de salud: la DL 50/60 es más baja en personas afectadas de enfermedades de la médula ósea o de la respuesta inmune normal; y
- d) el fraccionamiento o prolongación de la exposición:

es posiblemente el parámetro más importante que puede modificar la DL 50/60; así ocurre cuando la dosis se distribuye durante 1 mes o más la DL 50/60 puede alcanzar los 10-20 Gy (esta situación se puede dar para el caso de una sobreexposición interna con radionucleidos de período de semidesintegración largo). Esto se aprovecha cuando se aplica con fines médicos la irradiación en todo o en la mitad del cuerpo; las dosis son administradas durante 1-2 semanas.

Todas estas consideraciones hacen muy difícil establecer un pronóstico basado solamente en la dosimetría física. Esto es particularmente cierto en las sobreexposiciones accidentales, ya que generalmente (excepto en el caso de las excursiones críticas en reactores) la tasa de exposición es muy difícil de evaluar, con errores en la estimación del 200 a 300% o aún mayores. La dosimetría física resulta ser más precisa con dosis bajas de hasta 1 Gy o en dosis altas mayores a 6 Gy, porque sea cual fuere el error posible, se puede asegurar razonablemente, estar en el rango no letal o letal de dosis.

Tal como fué anticipado, la geometría de la sobreexposición es importante en la evaluación diagnóstica y pronóstica del accidente. Como ya se ha señalado en situaciones accidentales, frecuentemente la irradiación es unilateral. En dichos casos la DL 50/60 en la línea media corporal es un 20% más que en la irradiación bilateral. Además, a partir de la experimentación con animales grandes, podemos deducir que la irradiación dorsal produce una DL 50/60 de aproximadamente 0,63 veces la debida a una irradiación ventral a causa del blindaje óseo. Los efectos sobre la médula ósea dependen de la curva de distribución de dosis en profundidad, para un determinado tipo de radiación, respecto de la distribución de la médula ósea activa en la misma dirección. Una dosis es más efectiva para producir efectos letales cuanto más homogénea es su distribución.

Además de las citadas distribuciones espaciales y temporales de la dosis, la evaluación depende de otros factores, tales como la naturaleza de la radiación (en campos mixtos de radiación gamma-neutrones no siempre es fácil de estimar la relación entre sus intensidades) o el valor de la eficiencia biológica relativa (EBR), asignado a los neutrones en las distintas formas del S.A.R.

A su vez, los datos clínicos y biológicos son también de significativo valor complementario en la evaluación de la sobreexposición. Así por ejemplo, durante la etapa prodromal de las distintas formas del Síndrome Agudo, los síntomas gastrointestinales son verdaderos estimadores dosimétricos.

La dosis promedio, asociada al 50% de incidencia, es levemente inferior a 1 Gy para la falta de apetito y entre 2-3 Gy para la diarrea. El vómito es un síntoma de relevante valor para el pronóstico. Con una dosis de 1 Gy se presenta en más del 20% de los casos; con 5 Gy en el 99%.

Con dosis del orden de la DL 50/60 las manifestaciones clínicas más frecuentes son: fatiga, vómitos y falta de apetito, en tanto que para dosis supraletales son la diarrea, fiebre e hipertensión. La aparición de signos locales en la piel, como enrojecimiento e hinchazón, son de mal pronóstico. Durante la etapa de estado de la FH, son también de mal pronóstico, la intensidad y persistencia de las manifestaciones clínicas. El indicador biológico más precoz de daño es la disminución del número de linfocitos en sangre. La tasa de disminución depende de la dosis media en la médula ósea.

En cambio la reducción en el número de leucocitos neutrófilos y plaquetas son indicadores biológicos tardíos.

Es de mal pronóstico la persistente reducción del número de células sanguíneas durante la etapa de estado de la forma hematopoyética (esta condición puede ser debida a una irradiación homogénea en TC o a una exposición prolongada). También son manifestaciones de mal pronóstico el rápido aumento de neutrófilos, la súbita anemia y el shock. Por el contrario es un signo de buen pronóstico la recuperación del número de células en sangre, ya sean maduras o inmaduras.

El registro EEG dentro de las primeras 24 horas postirradiación permite distinguir entre personas que sufren una sobreexposición alta de las que recibieron dosis bajas, aún sin que existan manifestaciones clínicas.

Finalmente, de todos los estudios biológicos el de valor más significativo es la dosimetría biológica; la misma utiliza la determinación de la frecuencia de las aberraciones cromosómicas, llamadas dicéntricos, en linfocitos de la sangre, para estimar la dosis en TC y el grado de homogeneidad de la sobreexposición. Su correlación con la dosimetría física, entre 0 y 4 Gy, ha sido confirmada en numerosas situaciones accidentales. Sin embargo tiene la desventaja de saturarse a partir de los 4 Gy amén de constituir un procedimiento muy laborioso, que exige automatización cuando se evalúa simultáneamente la dosis en muchas personas.

El pronóstico de una sobreexposición radiológica accidental se debe elaborar reuniendo la mayor cantidad de información física, biológica y clínica. No obstante, la recomendación más aceptada para mejorar el pronóstico de personas sobreexpuestas es organizar un sistema especializado en el tratamiento médico de accidentes radiológicos.

* * * * *