

SEGUIMIENTO DOSIMETRICO A PERSONAL CON INCORPORACION ELEVADA DE TRITIO

Viotto, I.D., Dominguez, S.C., Stoll, E.L.

Central Nuclear Embalse

RESUMEN

En el presente trabajo se describe el seguimiento dosimétrico de una persona que debido a un venteo NO previsto tuvo una incorporación de vapores de agua pesada tritiada cercana a medio ALI. Así mismo se describe el tratamiento médico que se efectuó para lograr una reducción de la dosis efectiva comprometida respectiva.

Como contramedidas se solicitó a la persona que bebiera rutinariamente abundante cantidad de líquidos y que diariamente ingiriera un comprimido de diuréticos. A lo largo de los días el servicio médico de Planta utilizó comprimidos de distintas marcas comerciales y diariamente se evaluaba la concentración de tritio en orina en muestras previas y posteriores a la ingesta del diurético.

A partir de estos datos se elaboraron una serie de tablas con la fecha de los muestreos de orina, la concentración de tritio respectiva y la fecha y hora de la ingesta de los diuréticos.

El seguimiento tuvo una duración de 27 días luego del cual se realizó el cálculo de dosis total. Dicha dosis es la suma de las dosis calculadas en tres periodos diferentes que coinciden con la variación del semiperiodo de decaimiento biológico del tritio en el cuerpo:

- 1- Desde la incorporación hasta el primer muestreo de orina.
- 2- Desde el día del primer muestreo de orina hasta el día en que concluye sus tareas en CNE (último muestreo de orina).
- 3- Desde el último muestreo de orina en adelante (50 años).

Por último, se comparó la dosis efectiva comprometida calculada (7.78 mSv) con la dosis teórica que hubiera absorbido la persona sin haber recibido ningún tratamiento (12.78 mSv). Se concluyó que el tratamiento fue exitoso ya que se logró una reducción de dosis del orden del 40%.

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente trabajo es describir el seguimiento dosimétrico de un Oficial mecánico con incorporación de tritio superior a los valores promedios, pero inferior al límite anual de incorporación, para valores de agua pesada tritiada.

Es importante destacar que no es el objeto del presente trabajo analizar las causas o situaciones que dieron lugar a dicha incorporación.

La información previa existente en CNE, respecto al tratamiento de este tipo de casos, tendiente a reducir el semiperiodo efectivo para tritio y por consiguiente la dosis respectiva, sugería la administración de diuréticos y aumento del consumo de líquidos.

2. DESCRIPCION DEL CASO

El día sábado 9 de noviembre de 2013 se realizó un muestreo no rutinario a las personas de mantenimiento mecánico que en el turno noche del día anterior estuvieron trabajando en las válvulas 7314-PV5 y 7314-PV6. Estas personas habían estado expuestas a un ambiente con una alta concentración de tritio debido a un venteo del sistema moderador.

Esa misma noche se detectó que una de las personas poseía una concentración de tritio en orina muy superior a la de sus compañeros. Dicha muestra arrojaba una concentración de alrededor de 425 $\mu\text{Ci/L}$. (No se detectó presencia de C-14)

Se realizó auto verificación y repitiéndose la medición de la muestra se volvió a obtener los mismos resultados.

Como es habitual en muestras que arrojan valores de concentración poco comunes, se le pidió a la persona que realizara un nuevo muestreo de orina en otro frasco.

Luego de dos mediciones el resultado fue el mismo.

Finalmente, esa misma noche, se cargaron todas las concentraciones de tritio del grupo de personas en el programa CDI quedando en el siguiente orden:

Tabla 1. N° de TLD, Concentraciones de tritio y Dosis

| Persona con N° de TLD | Concentración [$\mu\text{Ci/L}$] | Dosis [mSv] |
|------------------------------|--|--------------------|
| 513 | 425,54 | 12,71 |
| 504 | 81,49 | 2,36 |
| 527 | 54,25 | 1,43 |

Luego de esto, se llamó al enfermero de turno, con el que se habló personalmente y junto a él se decidió que la persona fuese al servicio médico al finalizar el turno para que se le dieran las recomendaciones necesarias.

Más tarde se habló con el Supervisor de Mantenimiento Mecánico y se le comunicó la dosis del personal, sugiriendo que se insista para que la persona beba mucho líquido como primer contramedida.

La noche siguiente (domingo 10 de noviembre de 2013) no era laborable por lo que se acordó con el Servicio Médico y el Jefe de Turno que se le enviaría un diurético a su domicilio.

Una vez enviado el medicamento a la casa, se confirmó telefónicamente la recepción del mismo.

Se explicó a la persona y a su Supervisor que se le haría un seguimiento dosimétrico pidiéndole dos muestreos de orina No Rutinarios diarios con el fin de estudiar el efecto del diurético.

Las mediciones en los primeros momentos con el Contador de Todo el Cuerpo (CTC) no detectaron ninguna incorporación de radionucleídos emisores gama.

3. SEGUIMIENTO

3.1. Detalles de Muestreos de orina y mediciones

La incorporación fue el día 09 de Noviembre de 2013 a la 1:30 hs.

Tabla 2. Muestreo, Medición y Concentración

| Fecha/Hora Muestreo de Orina | Fecha/Hora Medición | Conc.[μ Ci/L] |
|---|----------------------|--------------------|
| 09/11/2013 21:30 hs. | 10/11/2013 2:33 hs. | 425.54 |
| 11/11/2013 21:30 hs. (Antes del diurético) | 11/11/2013 23:14 hs. | 324.91 |
| 12/11/2013 1:00 hs. (1ra muestra después del diurético) | 12/11/2013 1:54 hs. | 333.93 |
| 12/11/2013 5:00 hs. (2da muestra después del diurético) | 12/11/2013 5:52 hs. | 310.03 |
| 12/11/2013 21:30 hs.(Antes del diurético) | 12/11/2013 22:02 hs. | 305.67 |
| 13/11/2013 6:00 hs.(Después del diurético) | 13/11/2013 11:11 hs. | 281.32 |
| 13/11/2013 21:30 hs.(Antes del diurético) | 13/11/2013 23:07 hs. | 275.27 |
| 14/11/2013 6:00 hs. (Después del diurético) | 14/11/2013 6:25 hs. | 253.38 |
| 14/11/2013 21:00 hs. (Antes del diurético) | 14/11/2013 22:44 hs. | 219.67 |
| 15/11/2013 6:20 hs. (Después del diurético) | 15/11/2013 6:31 hs. | 212.29 |
| 15/11/2013 21:30 hs. (Antes del Diurético) | 15/11/2013 22:16 hs. | 208.11 |
| 16/11/2013 6:30 hs. (Después del diurético) | 16/11/2013 6:30 hs. | 194.43 |
| 18/11/2013 8:30 hs. (Antes del diurético) | 18/11/2013 11:19 hs. | 147.56 |
| 18/11/2013 17:30 hs. (Después del diurético) | 18/11/2013 18:18 hs. | 136.68 |
| 19/11/2013 8:30 hs. (Antes del diurético) | 19/11/2013 9:55 hs. | 129.39 |
| 19/11/2013 17:30 hs. (Después del diurético) | 20/11/2013 9:06 hs. | 116.39 |
| 20/11/2013 9:00 hs.(Antes del diurético) | 20/11/2013 9:23 hs. | 113.73 |
| 20/11/2013 17:30 hs. (Después del diurético) | 20/11/2013 17:12 hs. | 113.93 |
| 21/11/2013 9:30 hs. (Antes del diurético) | 21/11/2013 10:01 hs. | 113.60 |
| 22/11/2013 9:30 hs. (Antes del diurético) | 22/11/2013 10:05 hs. | 101.04 |
| 26/11/2013 9:00 hs. (Antes del diurético) | 26/11/2013 9:11 hs. | 50.47 |
| 27/11/2013 9:30 hs. (Antes del diurético) | 27/11/2013 10:11 hs. | 44.55 |
| 28/11/2013 9:30 hs. (Antes del diurético) | 28/11/2013 10:00 hs. | 38.02 |
| 29/11/2013 9:00 hs. (Antes del diurético) | 29/11/2013 14:02 hs. | 38.08 |
| 02/12/2013 9:00 hs. (Antes del diurético) | 02/12/2013 11:36 hs. | 23.25 |
| 06/12/2013 9:00 hs. (Antes del diurético) | 06/12/2013 11:00 hs. | 16.80 |

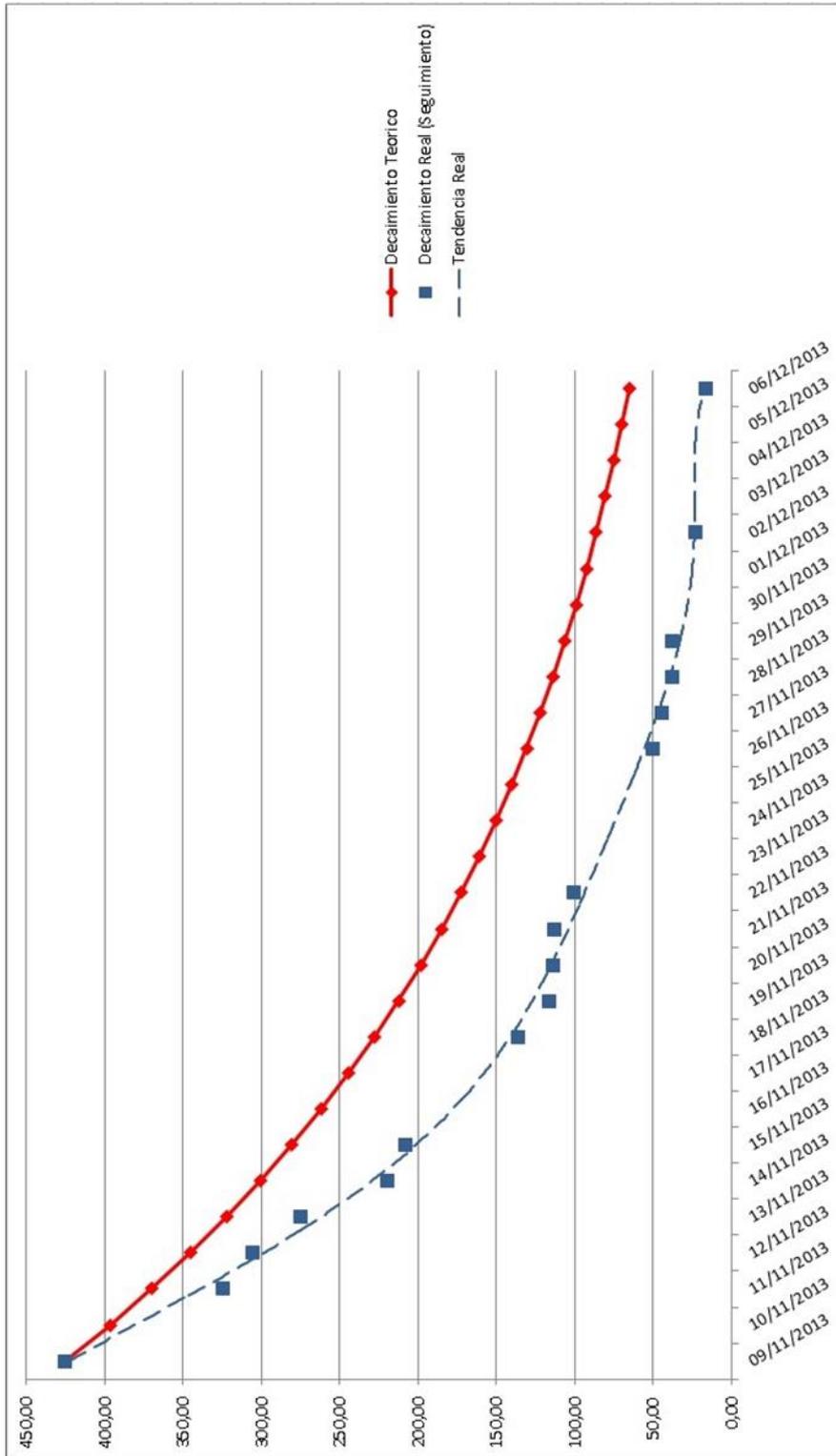


Figura 1. Gráfico de Fecha de muestreos [días] vs. Concentraciones [µCi/L]

3.2. Fecha y horarios de toma de Diuréticos:

1er diurético (en la casa): Lunes 11/11 a las 2:00 hs de la madrugada

2do diurético (en CNE): Lunes 11/11 a las 21:30 hs.

3er diurético (en CNE): Martes 12/11 a las 21:30 hs.

4to diurético (en CNE): Miércoles 13/11 a las 21:30 hs.

5to diurético (en CNE): Jueves 14/11 a las 21:30 hs.

6to diurético (en CNE): Viernes 15/11 a las 21:30 hs.

7mo diurético (en la casa): Sábado 16/11 a las 13:00 hs.

8vo diurético (en la casa): Domingo 17/11 a las 13:00 hs

9no diurético (en CNE): Lunes 18/11 a las 13:00 hs.

10mo diurético (en CNE): Martes 19/11 a las 13:00 hs.

11er diurético (en CNE): Miércoles 20/11 a las 13:00 hs

12do diurético (en CNE): Jueves 21/11 a las 13:00 hs.

13er diurético (en CNE): Viernes 22/11 a las 13:00 hs.

14to diurético (en la casa): Sábado 23/11 a las 13:00 hs.

15to diurético (en la casa): Domingo 24/11 a las 13:00 hs.

16to diurético (en la casa): Lunes 25/11 a las 13:00 hs.

17mo diurético (en CNE): Martes 26/11 a las 13:00 hs.

18vo diurético (en CNE): Miércoles 27/11 a las 13:00 hs.

19no diurético (en CNE): Jueves 28/11 a las 13:00 hs.

20mo diurético (en CNE): Viernes 29/11 a las 13:00 hs.

21er diurético (en la casa): Sábado 30/11 a las 13:00 hs.

22do diurético (en la casa): Domingo 01/12 a las 13:00 hs.

23er diurético (en CNE): Lunes 02/12 a las 13:00 hs.

Notas importantes:

El diurético que tomó hasta el domingo 17/11 fue Furosemida Vannier 40 mg

El diurético tomado a partir del lunes 18/11 fue Moduretic (Amiclorida más Hidroclorotiazida)

El día jueves 21/11 el Oficial mecánico informó que el nuevo diurético no era tan efectivo como el anterior y que ya no tomaba agua en forma abundante.

Debido a lo anterior, desde el sábado 23/11, el Servicio Médico le cambió el diurético, retornando a la Furosemida.

El seguimiento terminó el día 06/12/13 ya que el agente fue dado de baja porque terminó sus tareas de parada.

4. CÁLCULO DE DOSIS

4.1. Análisis y ecuaciones

Para el cálculo de dosis se analizó el decaimiento biológico del tritio en el cuerpo en tres periodos de tiempo diferentes:

4.1.1 A partir de la incorporación hasta el primer muestreo de orina.

El primer análisis se hace desde el día de la incorporación hasta el día del primer muestreo (ver Tabla nº2), periodo en el cual aún no se había comenzado el tratamiento con diuréticos o la ingesta masiva de líquidos. El semiperíodo biológico usado es el del hombre estándar, es decir 10 días.

Según el informe interno DSR N° 9/89 la dosis recibida expresada en unidades de mSv se calcula de la siguiente manera:

$$e \text{ [mSv]} = (0,00196 / \lambda) * C_0 (e^{-\lambda t_1} - e^{-\lambda t_2}) \quad (1)$$

$$C \text{ [\mu Ci/L]} = C_0 * e^{-\ln 2 / T(1/2) * t} \quad (2)$$

donde: $\lambda = \ln 2 / 10 = 0,07 \text{ días}^{-1}$

$t_1 = 0 \text{ días}$

$t_2 = 1 \text{ día}$

C_0 : Es la concentración estimada en el momento de la incorporación

De la Ecuación nº2 se obtiene el valor de C_0

$$C_0 = 425,54 * e^{\lambda t} = 456,4 \text{ [\mu Ci/L]}$$

$$e_1 = (0,00196 / 0,07) * 456,4 (e^{-0,1*0} - e^{-0,1*1}) = \mathbf{0.86 \text{ [mSv]}}$$

4.1.2 Desde el día del primer muestreo de orina hasta el día que es dado de baja la persona (último muestreo de orina).

El segundo análisis representa el periodo en que la persona comenzó su tratamiento hasta que fue dado de baja y dejó de asistir a planta.

Debido a la administración de diuréticos a partir del día 1 al día 27, el semiperíodo biológico disminuye. Esta disminución se pone de manifiesto en las muestras diarias realizadas. Tomando la primera y última muestra se puede calcular dicho semiperíodo:

Despejando de la Ecuación nº2

$$T_{(1/2)} = - \frac{\ln(2) * t}{\ln(C/C_0)} \quad (3)$$

$$T_{(1/2)} = \frac{0,693 * 26}{\ln(16,8/425,54)} = 5,57 \text{ días}$$

Reemplazando en la Ecuación nº1 obtenemos la siguiente dosis:

$$e_2 = (0,00196 / 0,124) * 425,44 (e^{-0,124*0} - e^{-0,124*26}) = \mathbf{6.45 \text{ [mSv]}}$$

donde: $t_1 = 0$ días
 $t_2 = 26$ días
 $\lambda = \ln 2 / 5.57 = 0,124$ días⁻¹
 $C_0 = 425.44$ [μCi/L]

4.1.3 Desde el último muestreo de orina en adelante (50 años).

Por último se calcula la dosis que recibirá a partir del día que terminó el tratamiento hasta los próximos 50 años.

Para calcular dicho tiempo debemos expresarlo en días y restarle los 27 días anteriores

$$t_2 = (50 \text{ años} * 365 \text{ días}) - 27 \text{ días} = 18223 \text{ días}$$

$$e_3 = (0,00196 / 0.07) * 16.8 (e^{-0.07 * 0} - e^{-0.07 * 18223}) = \mathbf{0.47 \text{ [mSv]}}$$

donde: $t_1 = 0$ días
 $\lambda = \ln 2 / 10 = 0,07$ días⁻¹
 $C_0 = 16.8$ [μCi/L]

4.2. Dosis Total Real.

$$e_1 + e_2 + e_3 = 0.86 + 6.45 + 0.47 = \mathbf{7.78 \text{ [mSv]}}$$

4.3. Ahorro de Dosis.

En primer lugar se calcula la dosis teórica que la persona hubiese recibido sin tratamiento de diuréticos a partir de la Ecuación n°1:

$$e_{\text{teórico}} = (0,00196 / 0.07) * 456,4 (e^{-0.1*0} - e^{-0.1*50*365}) = 12.78 \text{ [mSv]}$$

Finalmente el ahorro está dado por la diferencia entre la dosis teórica sin tratamiento y la dosis total real:

$$\mathbf{Ahorro = 12.78 - 7.78 = 5.00 \text{ [mSv]}}$$

Esto muestra que la persona recibió una dosis del orden de un **40% menor** a la que hubiese recibido si no realizaba el tratamiento.

5. CONCLUSIONES.

La primera conclusión que surge es que las contramedidas adoptadas fueron muy positivas ya que se obtuvo reducción de dosis de aproximadamente un 40%.

Se pone en evidencia que mientras antes se comience con el tratamiento menor será la dosis recibida por la persona. Por esto no fue en vano enviarle la primera medicación a su domicilio, aún en un día no laboral y asegurarse que fue recibida.

El incremento de la ingesta de líquidos es esencial en el tratamiento a pesar de que la persona luego de aproximadamente una semana manifieste cansancio de ingerir diariamente abundante cantidad de líquidos.

Mientras la persona esté sometida a tratamiento con diuréticos es fundamental el seguimiento por parte del Servicio Médico sobre las funciones vitales de la persona. Por ejemplo, puede darse una disminución de Potasio en sangre, entonces el médico deberá evaluar si suministrárselo y/o suspender el tratamiento según sea el caso.

Finalmente podemos destacar como experiencia que el diurético Furosemida Vannier de 40 mg. fue mucho más efectivo que el Moduretic (Amiclorida más Hidroclorotiazida).

6. REFERENCIAS

1. Salas, C., Bermudez, L., "Seguimiento de Personas con Incorporación de Tritio," *DSR N° 9/89*, Embalse, 10 de Octubre de 1989