

Decaimiento exponencial del radiofármaco tecnecio

Autores: Sansone, Martina; Stanich, Agustina; Vargas, Martina

Contactos: marsansoneee1@gmail.com; agustina.stanich@gmail.com;
vargas50825@gmail.com

Física Experimental I, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo estudiar el decaimiento en la concentración del radiofármaco MIBI (Sestamibi-99mTc) en órganos humanos en estado de estrés y reposo. Se determinaron las constantes de desintegración efectivas y la vida media del compuesto a partir de datos experimentales aportados por el fabricante del fármaco.

Introducción

El tecnecio es un radiofármaco (RF) cuyo radioisótopo (^{99m}Tc) se utiliza para el tratamiento diagnóstico de enfermedades. Para ello, se aprovecha la propiedad emisora del mismo, ya que la mayor parte de RF cuenta con un radioisótopo (elemento radiactivo, de muy corta vida) y un fármaco que es el encargado de desplazar al radiofármaco hasta la zona de estudio en el cuerpo ⁽¹⁾

El proceso por el cual el núcleo de un átomo inestable pierde energía (emitiendo radiación) a lo largo del tiempo se denomina radiactividad o desintegración nuclear y, según la bibliografía ⁽²⁾ está descrito por:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (\text{Ec. 1})$$

donde $N(t)$ es el número de radionúclidos existentes en un instante de tiempo t , N_0 es el número de radionúclidos existentes en el instante inicial y λ constante de desintegración radiactiva.

Se define el período de semidesintegración efectivo como el tiempo que debe transcurrir para que la mitad del radiofármaco desaparezca del organismo. Esto ocurre por el decaimiento físico del radionucleído y por la eliminación del mismo por vías de excreción, así se definen las constantes de decaimiento efectivo, físico y biológico $\lambda_{\text{efectivo}}$, $\lambda_{\text{físico}}$ y $\lambda_{\text{biológico}}$. La literatura ⁽³⁾ nos adelanta que estas constantes están relacionadas de la siguiente manera:

$$\lambda_{\text{efectivo}} = \lambda_{\text{físico}} + \lambda_{\text{biológico}} \quad (\text{Ec. 2})$$

A partir de las ecuaciones anteriores y por propiedades de logaritmo se puede demostrar que los procesos de decaimiento físico y biológico están determinados por sus constantes de la siguiente forma:

$$T_{1/2 \text{ efectivo}} = \frac{\text{Ln}(2)}{\lambda_{\text{efectivo}}} \quad (\text{Ec. 3}) \quad \text{y} \quad T_{1/2 \text{ biológico}} = \frac{\text{Ln}(2)}{\lambda_{\text{biológico}}} \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde $T_{1/2 \text{ físico}}$ y $T_{1/2 \text{ biológico}}$ son los tiempos necesarios para que la mitad del radionucleído desaparezca por decaimiento radiactivo y por excreción respectivamente.

Reemplazando por las expresiones de las constantes de decaimiento obtenemos:

$$T_{1/2 \text{ efectivo}} = \frac{(T_{1/2 \text{ físico}} \cdot T_{1/2 \text{ biológico}})}{(T_{1/2 \text{ físico}} + T_{1/2 \text{ biológico}})} \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde $T_{1/2 \text{ efectivo}}$ es el tiempo de semidesintegración efectivo y $T_{1/2 \text{ físico}}$ es el tiempo de semidesintegración físico el cual, según la bibliografía ⁽⁴⁾, tiene un valor $T_{1/2 \text{ físico}} = 6,02 \text{ hs}$

Metodología

Para poder obtener un resultado de la vida media del tecnecio, se utilizaron los datos proporcionados en el prospecto del radiofármaco ⁽⁵⁾ (ver tabla 5 en anexo), los cuales fueron graficados (escala semi-logarítmica) y ajustados a partir del software ofrecido en google sheets. Se consigue una pendiente de una recta que es equivalente a $-\lambda$ en la Ec. 1.

A partir los ajustes realizados se obtuvieron ocho exponentes " λ " (ver tabla 1 y 2 en resultados) clasificados por el estado del paciente (reposo o esfuerzo), el órgano (corazón o hígado) y la naturaleza de la concentración (biológica o efectiva).

Con estos resultados se pudieron obtener valores para la vida media biológica y efectiva (ver tabla 3 en resultados) usando las ecuaciones 3 y 4 y propagación de errores. Finalmente, utilizando la Ec. 5, se pudieron comparar los resultados de la concentración efectiva calculada con los valores dados por el fabricante del radiofármaco ⁽⁶⁾.

Resultados y discusión

A modo ilustrativo se muestra el gráfico Ln(N) vs T y su función ajustada para los datos del corazón en reposo (concentración de naturaleza biológica).

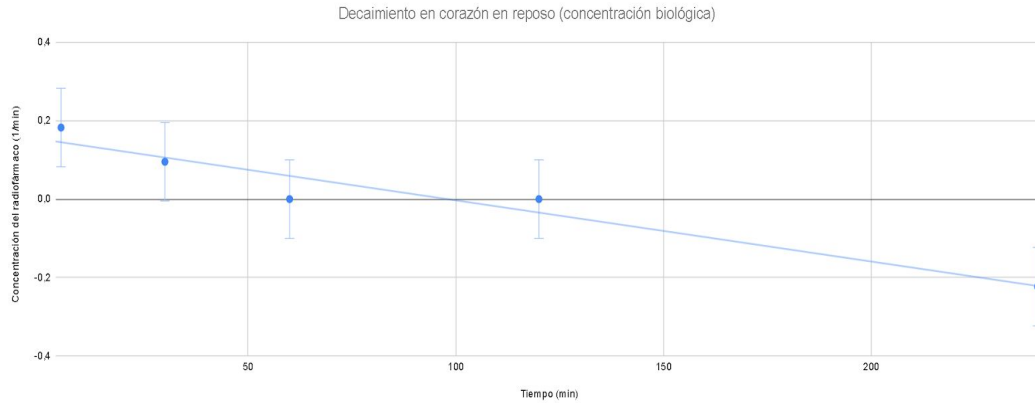


Gráfico 1: Ln(N) vs T para concentraciones de carácter biológico en el corazón en reposo y ajuste lineal.

A continuación, las tablas 1 y 2 se ilustran los valores de las constantes de decaimiento encontradas:

| Reposo | | | |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Corazón | | Hígado | |
| $\lambda_{biológico} \left(\frac{1}{min}\right)$ | $\lambda_{efectivo} \left(\frac{1}{min}\right)$ | $\lambda_{biológico} \left(\frac{1}{min}\right)$ | $\lambda_{efectivo} \left(\frac{1}{min}\right)$ |
| 0,0016 ± 0,0002 | 0,0035 ± 0,0003 | 0,014 ± 0,002 | 0,016 ± 0,002 |

Tabla 1: Constantes de decaimiento encontradas a partir de los ajustes de T vs Ln(N) para el corazón e hígado en reposo

| Esfuerzo | | | |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Corazón | | Hígado | |
| $\lambda_{biológico} \left(\frac{1}{min}\right)$ | $\lambda_{efectivo} \left(\frac{1}{min}\right)$ | $\lambda_{biológico} \left(\frac{1}{min}\right)$ | $\lambda_{efectivo} \left(\frac{1}{min}\right)$ |
| 0,0017±0,0001 | 0,0038±0,0002 | 0,013±0,001 | 0,015 ±0,001 |

Tabla 2: Constantes de decaimiento encontradas a partir de los ajustes de T vs Ln(N) para el corazón e hígado en esfuerzo

A partir de las 8 constantes de decaimiento encontradas y la ecuación 4 se obtuvieron los siguientes valores para las semividas del fármaco:

| Estado | $T_{1/2}(\text{horas})$ Reposo | | | | $T_{1/2}(\text{horas})$ Esfuerzo | | | |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------|---------------|----------------|----------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | Corazón | | Hígado | | Corazón | | Hígado | |
| Órgano | Biológico | Efectivo | Biológico | Efectivo | Biológico | Efectivo | Biológico | Efectivo |
| A partir de los λ del ajuste | 7 ± 1 | $3,3 \pm 0,3$ | $0,8 \pm 0,1$ | $0,70 \pm 0,0$ | $6,7 \pm 0,5$ | $3,1 \pm 0,1$ | $0,90 \pm 0,08$ | $0,79 \pm 0,07$ |
| A partir de la Ec. 5 y valor bibliográfico de $T_{1/2, \text{físico}}$ | | $3,3 \pm 0,5$ | | $0,73 \pm 0,0$ | | $3,2 \pm 0,2$ | | $0,78 \pm 0,06$ |

Tabla 3: Semividas calculadas

Los resultados obtenidos para las semividas físicas a partir de los valores de los semiperiodos biológicos y efectivos en cada órgano son los siguientes (calculados con la ecuación 5):

| $T_{1/2}(\text{horas})$ Reposo | | $T_{1/2}(\text{horas})$ Esfuerzo | |
|--------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| Corazón | Hígado | Corazón | Hígado |
| 6 ± 1 | 6 ± 7 | $5,8 \pm 0,5$ | 6 ± 6 |

Tabla 4: Semividas físicas calculadas con los λ de los ajustes

Como podemos ver en la tabla 3, los resultados calculados para la vida media efectiva a través los diferentes " λ " del ajuste, coinciden con los valores calculados a con el valor de la vida media física dada en el prospecto del radiofármaco.

Se puede ver también que las vidas medias en reposo y en esfuerzo para cada órgano en particular coinciden. Esto podría indicar que el estado en el que el órgano se encuentra (en reposo o en esfuerzo) no afecta al decaimiento del tecnecio en sangre. Por el contrario, no se puede inducir alguna relación de la concentración de este radiofármaco entre el corazón y el hígado, ya que los intervalos obtenidos no coinciden (posiblemente debido a la características propias de cada órgano); el decaimiento del radiofármaco MIBI es independiente en cada órgano.

Conclusiones

Los resultados obtenidos para las vidas medias efectivas y biológicas variaron según el órgano. Se pudo observar que el estado del mismo no modifica el valor de este resultado.

Se calculó el valor de la vida media efectiva por dos métodos y ambos dieron el mismo resultado. De acuerdo a lo esperado, las vida medias físicas dieron igual en todos los casos y su valor coincidió con el valor encontrado en la literatura.

Anexo

| Tiempo (min) | Reposo | | | | Esfuerzo | | | |
|--------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| | Corazón | | Hígado | | Corazón | | Hígado | |
| | Biológica | Efectiva | Biológica | Efectiva | Biológica | Efectiva | Biológica | Efectiva |
| 5,0±0,5 | 1,2 | 1,2 | 19,6 | 19,4 | 1,5 | 1,5 | 5,9 | 5,8 |
| 30,0±0,5 | 1,1 | 1 | 12,2 | 11,5 | 1,4 | 1,3 | 4,5 | 4,2 |
| 60,0±0,5 | 1 | 0,9 | 5,6 | 5 | 1,4 | 1,2 | 2,4 | 2,1 |
| 120,0±0,5 | 1 | 0,8 | 2,2 | 1,7 | 1,2 | 1 | 0,9 | 0,7 |
| 240,0±0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,7 | 0,4 | 1 | 0,6 | 0,3 | 0,2 |

Tabla 5: Concentraciones orgánicas expresadas como porcentaje de la dosis inyectada; datos basados en un promedio de 5 sujetos en reposo y 5 sujetos durante el ejercicio

Bibliografía

- (1) <https://es.wikipedia.org/wiki/Tecnecio>
- (2) Radiofármacos en medicina nuclear Fundamentos y aplicación clínica. FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS. Yamil Chain; Luis Illanes
- (3) Radiofármacos en medicina nuclear Fundamentos y aplicación clínica. FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS. Yamil Chain; Luis Illanes
- (4) Prospecto SestaMIBI - Laboratorio Bacon
- (5) Prospecto SestaMIBI - Laboratorio Bacon
- (6) Prospecto SestaMIBI - Laboratorio Bacon