

Aportaciones de la Física a la Medicina: La Teragnosis, el futuro oncológico

Teresa González García.

Resumen— Uso de la teragnosis y los radionúclidos de doble emisión en el tratamiento contra el cáncer. En este artículo se explica el mecanismo de acción de radiofármacos dirigidos, que actúan como un "caballo de Troya" atómico. Esto permite obtener un diagnóstico preciso y una terapia destructiva a nivel celular la cual reduce significativamente los daños en los tejidos sanos adyacentes.

Palabras Claves— Cáncer, Física, Lutecio-177, Radiofármacos, Teragnosis.

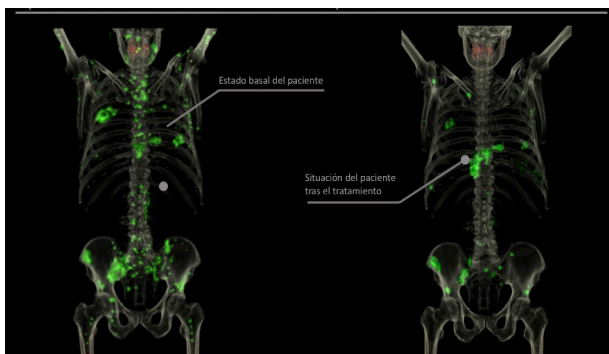
Teresa González García, Grado en Física, Universidad de Huelva, teresa.gonzalez2@alu.uhu.es.

1. INTRODUCCIÓN

Solemos pensar en la física nuclear como la ciencia detrás de las grandes centrales energéticas o, inevitablemente, de eventos históricos devastadores. Sin embargo, existe un campo de batalla microscópico donde esta disciplina está logrando sus mayores victorias. Hoy en día, el núcleo atómico ha dejado de ser únicamente un objeto de estudio teórico para convertirse en la herramienta más precisa y esperanzadora de la medicina moderna. Hablamos de la **Teragnosis** una palabra que suena a ciencia ficción, pero que en realidad es física aplicada a salvar vidas.

La Teragnosis es una técnica revolucionaria cuyo nombre nace de unir dos palabras: "terapia" y "diagnosis".

Dicho de forma sencilla, es una estrategia médica que nos permite **"ver lo que tratamos y tratar lo que vemos"**. Consiste en utilizar un mismo fármaco diseñado a medida que hace dos trabajos a la vez: primero actúa como un rastreador luminoso para localizar el tumor en una pantalla y, al mismo tiempo, funciona como un arma para destruirlo directamente.



Respuesta del tratamiento radiometabólico en paciente con metástasis.

Fuente: Quirónsalud.

2. EL RADIOISÓTOPO "DOS EN UNO"

Normalmente, en medicina se usa un isótopo para ver (diagnóstico) y otro para quemar (terapia). Actualmente contamos con los **radionúclidos de doble emisión**, una verdadera revolución, es como "un mensajero" que entra en el cuerpo y hace dos cosas a la vez:

- Emite **radiación Gamma**: Esta es la "luz" que ven nuestras máquinas (como el SPECT). Atraviesa el cuerpo sin apenas dañarlo y nos permite localizar el tumor con una precisión milimétrica. Es el faro que nos dice: "¡Aquí está el enemigo!".
- Emite **radiación Beta o Alfa**: Estas partículas revelan la ubicación del músculo y actúan como proyectiles de corto alcance. Al contrario que la gamma, no viajan lejos; chocan contra las células cancerosas cercanas y destruyen su ADN, "eliminando" al tumor desde dentro.

El ejemplo estrella es el ^{177}Lu . Se trata de un isótopo del elemento cuyo **número atómico (Z) es 71**, y su enorme valor radica en que es un emisor simultáneo de **radiación beta y gamma**. Puesto que no se encuentra en la naturaleza, es necesario sintetizarlo artificialmente recurriendo a la física nuclear. Este proceso exige el uso de **reactores nucleares de investigación**. Dentro de estas instalaciones, se toman elementos precursores estables y altamente purificados (como el ^{176}Lu o el ^{176}Yb) y se exponen a un flujo masivo y constante de neutrones. Al absorber estas partículas, el núcleo del átomo original se desequilibra y sufre una transmutación, originando así el Lutecio-177 radiactivo. Tras su extracción del reactor y su

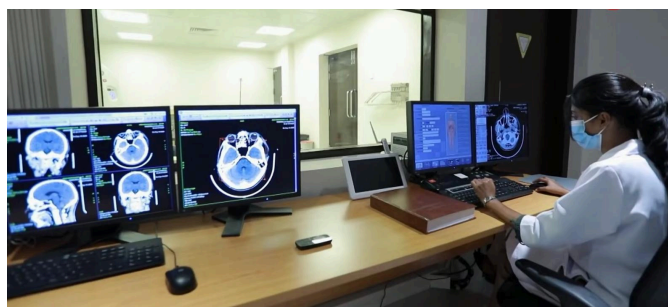
sometimiento a rigurosos procesos de separación radioquímica, se obtiene el isótopo en un estado de alta pureza, acondicionado para su inminente aplicación médica.

3. ¿CÓMO SE REALIZA ESTE “VIAJE” AL CENTRO DEL TUMOR ?

A pesar de disponer del material radiactivo, la radiación no se lanza a ciegas. Tras la obtención del isótopo, este se envía a los laboratorios de radiofarmacia para crear los llamados radiofármacos dirigidos. Allí se lleva a cabo un proceso conocido como radiomarcaje: mediante procesos químicos, se utiliza una molécula "puente" (un quelante) con la que "se pega" el radioisótopo a una molécula biológica (un ligando). Este ligando no es glucosa radiactiva como la que se usa en un PET convencional donde se aprovecha que las células tumorales consumen mucha más glucosa (azúcar) que las sanas para hacerse visibles en la prueba, sino una molécula de diseño que tiene una afinidad específica por las proteínas del tumor, actuando exactamente como una llave que solo abre una cerradura.

Una vez que el radiofármaco está completamente sintetizado, se administra al paciente de forma líquida por vía intravenosa (como un suero en el brazo). Cuando se inyecta esto al paciente, el fármaco viaja por el torrente sanguíneo ignorando las células sanas y acoplándose solo a las cancerosas, destacando actualmente su eficacia en cáncer de próstata metastásico y tumores neuroendocrinos.

En definitiva, es un Caballo de Troya a escala atómica: la célula tumoral capta e internaliza el ligando al reconocerlo como una molécula afín, introduciendo simultáneamente en su interior la carga radiactiva destinada a fragmentar su ADN y provocar su destrucción.

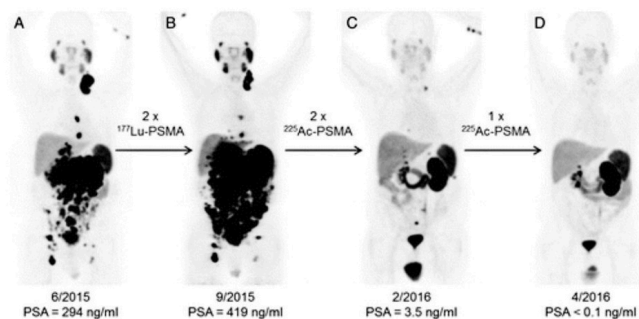


Tratamiento de teragnosis.
Fuente: Hospital Clínico San Carlos.

4. ¿POR QUÉ ES TAN IMPORTANTE ACTUALMENTE?

Esta técnica tiene una gran ventaja: la personalización. Antes, la radioterapia era como usar una linterna potente: se iluminaba el tumor, pero también se quemaba un poco de lo que había alrededor. Con los radioisótopos de doble emisión, es como usar un bisturí láser, obteniendo una mayor precisión, algo muy beneficioso para los pacientes oncológicos.

Esto es vital para pacientes con metástasis, donde el cáncer está disperso y no es posible operar ni irradiar todo el cuerpo. Gracias a la física, se puede dar con la célula maligna allá donde esté, minimizando con ello los efectos secundarios y por consiguiente mejorando drásticamente la calidad de vida.



Tratamiento con Lutecio-177.
Fuente: Grupo urológico San Rafael.

5. FÍSICA NUCLEAR EN NUESTRA CIUDAD

A nivel local, el Hospital Universitario Juan Ramón Jiménez de Huelva cuenta con un Servicio de Medicina Nuclear puntero en constante expansión. Este centro ha experimentado una transformación histórica con la inauguración de su primer equipo PET-TAC el 15 de abril de 2024. Esta tecnología de diagnóstico molecular de última generación evita que cientos de pacientes oncológicos onubenses tengan que verse sometidos a continuos traslados a centros de Sevilla (como el Hospital Virgen del Rocío).

A este importante hito se suma la adquisición de **dos nuevos equipos de gammacámaras SPECT-TC** entre finales de 2023 y principios de 2024, los cuales ofrecen una calidad de imagen superior y una precisión diagnóstica sin precedentes. Este profundo salto tecnológico hace posible el uso de estudios moleculares de vanguardia, como el PET-TC con radiotrazadores PSMA. Estos avances suponen una auténtica revolución en la detección del cáncer y son la pieza clave para guiar

con éxito los tratamientos de teragnosis."



Equipo PET-TC.

Fuente: Hospital Juan Ramón Jiménez.

De hecho, este hospital onubense reúne periódicamente a especialistas de toda Andalucía para integrar los últimos avances en diagnóstico molecular, un paso imprescindible para aplicar estas terapias dirigidas.

En febrero de 2026 se aprobó la construcción de una nueva unidad de ensayos clínicos e investigación en el Juan Ramón Jiménez. Esto es el paso previo necesario para que Huelva deje de ser "quien detecta" y pase a ser "quien cura" con teragnosis

Tener a nuestra disposición esta tecnología de vanguardia operada por un equipo clínico tan destacado, a escasos minutos de nuestra facultad, consolida a nuestra provincia como un referente en la integración de la física médica en el ámbito asistencial.



Nueva unidad de ensayos clínicos.

Fuente: Huelva Información.

6. CONCLUSIONES

En conclusión, la teragnosis representa un cambio de paradigma en la oncología mediante el uso de radionúclidos de doble emisión. La combinación de emisión gamma para el diagnóstico por imagen y emisión beta/alfa para la terapia *in situ* permite un tratamiento altamente personalizado. Gracias a los radiofármacos dirigidos, que actúan como vehículos selectivos hacia las células tumorales, es posible erradicar la enfermedad a

nivel molecular, incluso en casos de metástasis, minimizando el daño a los tejidos sanos.

Esta precisión extrema se traduce en beneficios clínicos tangibles que están cambiando la historia de la medicina: proporciona un aumento significativo en las tasas de supervivencia global y mejora de forma exponencial la calidad de vida de los enfermos. Su impacto es vital para pacientes con metástasis extendidas y patologías complejas como los tumores neuroendocrinos o el cáncer de próstata avanzado; escenarios donde la cirugía o la radioterapia tradicional no siempre son viables porque dañarían órganos vitales.

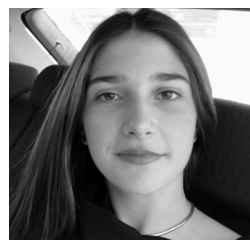
En definitiva, esta aplicación de la física nuclear a la medicina no solo ofrece una herramienta de precisión sin precedentes, sino que redefine el pronóstico de tumores previamente intratables, recordándonos que la física no solo explica el universo; lo cura.

REFERENCIAS

- [1] Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (s.f). *La energía nuclear en la medicina: Diagnóstico y terapia.*
- [2] Herrmann, K., et al. (2020). Theranostics: Leveraging Molecular Imaging and Therapy to Impact Patient Management and Secure the Future of Nuclear Medicine. *Journal of Nuclear Medicine*, 61(3), 311–318
- [3] Sociedad Española de Medicina Nuclear e Imagen Molecular (SEMNUM). (2022) *¿Qué es la Teragnosis? Guía para pacientes y estudiantes.*
- [4] Lilley, J. (2001). *Nuclear Physics: Principles and Applications.* Wiley.
- [5] Tipler, P. A., & Mosca, G. (2010). *Física para la ciencia y la tecnología. Vol. 2: Electricidad y magnetismo, luz, física moderna.* Ed. Reverté.

WEBGRAFÍA

- Castilla y León televisión. *Diagnóstico T4/E35: Teragnosis* (Intervención del Prof. José Luis Carreras) [Video] <https://youtu.be/hcU7KV3pxqM?si=KRuWH4wt1NhYRISW>
- Hospital Ruber Internacional. *Sesión clínica: Teragnosis: tratamientos individualizados basados en la imagen molecular.* [Video] https://youtu.be/FSSyZ_az_Ss?si=wEzCW4hX0hv-R-HR
- Huelva Información: *El Hospital Juan Ramón Jiménez de Huelva tendrá en ocho meses su Unidad de Investigación Clínica* https://www.huelvainformacion.es/huelva/hospital-juan-ramon-jimenez-huelva_0_2006164591.html



Teresa González García.
Grado en Física, 1º curso.