



MX0100258

Evaluaciones de Medicina Nuclear Molecular en Urgencias Pediátricas

C. Martínez-Duncker R.

*Departamento de Medicina Nuclear Molecular
Hospital Infantil de México "Federico Gómez"*

La Medicina Nuclear Molecular⁽¹⁾ es la rama de la medicina en la que compuestos radiactivos, también conocidos como radiomoléculas o radiofármacos, se emplean con fines diagnósticos y/o terapéuticos de diversas enfermedades⁽²⁾ así como en la investigación de procesos bioquímicos, fisiológicos y/o metabólicos que ocurren en organismos vivos con o sin enfermedades.

Los radiofármacos no son "materiales de contraste", sino sondas nanodiagnósticas y nano-terapéuticas (el prefijo nano indicando su altísima sensibilidad/afinidad de localización nano/pico-molar).

Históricamente esta rama de la medicina se ha conocido como "Medicina Atómica"⁽³⁾ y "Medicina Nuclear". Recientemente, el nombre de "Medicina Nuclear Molecular" ha sido propuesto por el Profesor Henry N. Wagner⁽⁴⁾ y a la fecha ya existen varios centros con ese nombre en varios países del mundo (como ejemplo está el "Departamento de Medicina Nuclear Molecular" del Hospital Infantil de México Federico Gómez, primero en recibirlo oficialmente en México a principios del año 2000).

El nuevo concepto de "Medicina Nuclear Molecular" puede entenderse si pensamos que los procedimientos se realizan con fines médicos (incluyendo los de investigación biomédica) detectando (con fines de formar imágenes o puramente cuantitativos) radiación gamma o beta+/- (posiblemente también alfa en el futuro) proveniente del núcleo de los átomos radiactivos que marcan moléculas que determinarán el comportamiento biológico visible y/o medible.

No hay consenso en cuanto al año en que la especialidad surgió como tal, lo que sí se sabe es que la aparición de siete instrumentos revolucionarios le permitieron ser lo que es hoy. En 1929 se inventó el ciclotrón, en 1945 se inventó el reactor nuclear, en 1951 se inventó el escáner rectilíneo, en 1958 se inventó la cámara de Anger (gammacámara), en 1969 se emplearon por primera vez las computadoras en medicina, el PET (tomografía por emisión de positrones) apareció en 1977 y el SPECT apareció en 1978. En el año 2000 el internet también es considerado (Henry N Wagner Jr. "Highlights" del Congreso Anual de la "Society

of Nuclear Medicine", 2000) un instrumento revolucionario que modificará a la medicina en general y a la medicina nuclear molecular en particular en años por venir.

El desarrollo actual de la medicina nuclear molecular depende de la genética y de la farmacología, dos áreas recientes de investigación que al permitirnos conocer cada vez más a fondo los intrincados procesos celulares y moleculares que ocurren in vivo en los organismos, permiten estudiar, mediante esta rama de la medicina y nuevas radiomoléculas, al flujo sanguíneo, al transporte celular, al metabolismo celular, al metabolismo de proteínas, a la síntesis de ADN y finalmente a la división celular.

En la etiología de casi la totalidad de las principales enfermedades que actualmente acosan al humano (como el cáncer), los genes son los ingredientes del pastel y las radiomoléculas son las recetas del pastel. El pastel es la medicina nuclear molecular.

Por todo lo anterior, hay que señalar que la Medicina Nuclear Molecular es una especialidad clínica completamente independiente de la Imagenología. Lo anterior debido a que los principales parámetros que se derivan de las evaluaciones diagnósticas son funcionales, entendiendo por ésto, parámetros metabólicos, bioquímicos y/o fisiológicos. La información obtenible puede ser cuantitativa (vg. mililitros/gramo/minuto), semicuantitativa (vg. la perfusión de un hemisferio cerebral vs la perfusión del otro expresada en porcentaje) o cualitativa (vg. la forma de curvas tiempo-actividad de vaciamiento gástrico o excreción renal, etc.), dejando en segundo término (sin restarle importancia por esto) la información morfológica/anatómica de varios órganos/tejidos (vg. glándula tiroides, esqueleto, glándula hepática, etc.), para lo cual las diversas modalidades de imagenología (TAC, US, RM, etc.) siguen siendo de primera elección.

Los procedimientos gammagráficos pueden ser:

1.- Planares: imágenes que semejan una fotografía de la distribución del radiofármaco que se haya administrado dentro del organismo; como las gammagrafías óseas y las gammagrafías hepatoesplénicas.

2.- Dinámicos: gran número de imágenes secuenciales de muy corta duración (fracciones de segundo a pocos segundos) que reflejan el paso de un radiofármaco por una región de interés; como los estudios de perfusión ósea, renal o cerebral.

3.- Tomográficos: SPECT y PET. Los estudios de SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) permiten la apreciación tomográfica de la distribución de varios radiofármacos en el organismo (y de algunos procesos dinámicos); ejemplos de éstos son el SPECT de la perfusión regional miocárdica o cerebral, el SPECT de procesos metabólicos y el SPECT morfológico de riñón, hígado, caderas, etc. Otros estudios gammagráficos tomográficos, solo disponibles en algunos de los países más avanzados, son los conocidos como PET (Positron Emission Tomography). El PET permite la valoración (cuantitativa) en términos absolutos (por ejemplo: ml/min/gr) de la perfusión de cualquier órgano, de la velocidad con que cualquier proceso metabólico se lleva a cabo (como podría ser el metabolismo de la glucosa en estados de salud o enfermedad, etc.) y la visualización in vivo de los procesos químicos que se llevan a cabo en nuestro organismo. El PET hace posible ver enfermedades, como el cáncer, no como algo extraño que ha invadido al organismo sino como un fallo de los mecanismos normales de control que pueden ser claramente identifi-

cados (a nivel de receptores de la membrana celular, de procesos estimuladores o inhibidores del crecimiento, etc.).

Los procedimientos, la instrumentación y los radiofármacos actualmente disponibles en medicina nuclear molecular permiten valorar a pacientes de todas las edades (recién nacidos, niños, adolescentes, adultos o ancianos). Esto hace necesario conocer las condiciones fisiológicas normales de cada edad (por ejemplo: la relativa "disminución" normal de la tasa de filtración glomerular en un recién nacido o la relativa disminución del metabolismo óseo en un paciente geriátrico).

La gran mayoría de los procedimientos diagnósticos destacan por ser cómodos, relativamente rápidos, altamente reproducibles, no invasivos (en la mayoría de los casos únicamente se requiere de la administración endovenosa de un radiofármaco), sumamente sensibles e inofensivos para el enfermo.

La dosis de radiación recibida por un sujeto a quien se le realiza una exploración gammagráfica convencional es muy baja (en ocasiones hasta decenas de veces inferior a la radiación recibida durante exploraciones radiológicas convencionales)⁽⁵⁾, y las cantidades de los radiofármacos que se administran son tan pequeñas que la incidencia de reacciones de hipersensibilidad puede considerarse nula. Debido a las pequenísimas concentraciones necesarias para obtener la información que se desea, los radiofármacos carecen de efectos osmóticos (de especial interés en pacientes pediátricos) y no interfieren con medicamentos ni con los procesos metabólicos normales en el organismo. Otra ventaja importante sobre otras modalidades diagnósticas es que la gammagrafía permite explorar el cuerpo entero en uno o varios momentos tras la administración de los materiales utilizados sin necesidad de aumentar las dosis de radiación o las cantidades de los radiofármacos administrados.

Varios procedimientos diagnósticos de medicina nuclear molecular se consideran de primera elección en la evaluación clínica de grupos de pacientes con diferentes enfermedades. Así, la gammagrafía es la modalidad diagnóstica más sensible para detectar alteraciones de la perfusión en órganos y sistemas como el hueso, el corazón, el cerebro, los pulmones o los riñones. También se puede, gracias a la característica funcional y no anatómica de estas evaluaciones identificar, localizar y evaluar la actividad de procesos inflamatorios como la celulitis, la artritis, la osteomielitis, los abscesos y varios tumores primarios o metastásicos antes que cualquier otra modalidad diagnóstica.

El Tc-99m es el material radiactivo de elección en las exploraciones de rutina de medicina nuclear molecular⁽⁵⁾. Fue descubierto hace aproximadamente 60 años y se introdujo para fines médicos en 1957, convirtiéndose rápidamente en el material radiactivo de mayor utilización en las exploraciones que actualmente se realizan^(6,7) porque sus propiedades fisicoquímicas son excelentes para la obtención de imágenes de muy buena calidad y su vida media es relativamente corta, lo que a su vez permite administrar cantidades suficientes para realizar estudios dinámicos y completar los estudios rápidamente sin aumentar significativamente la radiación administrada a los pacientes.

Las computadoras actuales permiten obtener información diagnóstica cuantitativa, dinámica, tomográfica y funcional a partir de la detección de los diversos trazadores dentro del organismo. Mediante la aplicación de diversos procedimientos matemáticos, dicha información "diagnóstica" también puede aportar información terapéutica relevante en la planeación de diversos tratamientos.

La importancia de los tratamientos con materiales radiactivos ha tenido, por lo menos en teoría, un resurgimiento importante en los últimos años ya que, con la capacidad actual de localizar específicamente procesos intracelulares (vg. síntesis de ADN) se abren nuevas puertas de investigación que en años venideros podrían ser de gran utilidad.

Desde hace décadas, la física médica ha tenido un papel importante en medicina nuclear molecular, ya sea a través del diseño de instrumentos o del desarrollo de software para adquisición y procesamiento de la información proporcionada por el comportamiento de los materiales radiactivos en el organismo.

En cuanto a tecnología, han aparecido nuevos equipos detectores de radiación gamma, desde los manuales hasta los que usan cristales distintos a los convencionales (NaI-Tl) así como sistemas digitales y sistemas híbridos capaces de realizar tomografías con rayos X (TC) y SPECT o TC y PET o magnetoencefalografía y SPECT, etc.

El gran avance en las computadoras modernas ha repercutido en el renacimiento de algoritmos muy complejos como el sistema de Monte Carlo⁽⁸⁾. El sistema permite hacer simulaciones de mucho interés en varios aspectos de la medicina nuclear molecular, como son el diseño de sistemas detectores (vg. simulación de detección y eficiencia) y de colimadores, la reconstrucción de imágenes (vg. ventanas de energía múltiples, reconstrucciones tridimensionales, corrección de dispersión y atenuación, etc.), la dosimetría interna y la planeación de tratamientos (vg. dosis absorbida, dosis efectiva y/o dosis equivalente de fotones y electrones, etc.) y farmacocinética (vg. estimación de la acumulación de trazadores en varios órganos, modelos multicompartmentales, cuantificaciones, etc.)⁽⁹⁾.

Sistemas como éste permitirán optimizar, medir y calcular la información a priori (o basados en información obtenida en cada individuo) necesaria para investigar con mayor exactitud la gran variedad de los procesos bioquímicos, fisiológicos y/o metabólicos que ocurren en los organismos vivos. El desarrollo de nuevos sistemas detectores (nuevos cristales, digitalización, etc.) mejorará la calidad de las imágenes tanto en el espectro espacial como en el temporal de las mismas así como la dosimetría individual que permitirán optimizar los protocolos clínicos en un futuro cercano.

Referencias

- 1.- Wagner HN, *Nuclear Medicine: What it is What it does*. En: Wagner HN, Szabo Z, Buchanan JW. *Principles of Nuclear Medicine*. 2a. ed. ECUAA: Saunders, 1995. p 11.
- 2.- Martínez-Duncker C. *Definición y aplicaciones clínicas modernas de la Medicina Nuclear Molecular: Diagnóstico y tratamiento con énfasis en pediatría*. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México* 1995;52:731-746.
- 3.- Behrens CF, King ER, Carpenter JW: *Atomic Medicine*, ed 5. Baltimore, Williams & Wilkins, 1969.
- 4.- Wagner HN. *The New Molecular Medicine*. *J Nucl Med* 1993;33:165-166.
- 5.- Martínez-Duncker C, Fosado-Márquez MG. *Aspectos biológicos y Médicos básicos sobre las radiaciones ionizantes*. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México* 1995;52:669-678.
- 6.- S.T.Treves. *Pediatric Nuclear Medicine*. 2a. ed. ECUAA: Springer-Verlag, 1995.
- 7.- G. Torres, C. M. Duncker, I. M. Estorch, L. Berná, I. Carrió. *Tomografía cerebral por emisión de fotón único. Análisis semicuantitativo de territorios vasculares en pacientes con patología vascular cerebral*. *Medicina Clínica (España)* 1992;98(7):241-244.

- 6.- Hisato T, Duncker CM, Arai M, Becker LC. Cardiac Sympathetic nerve function assessed by I-131-MIBG after ischemia in the anesthetized dog. *J Nucl Cardiol*, 1997;4:33-41.
- 7.- Martínez-Duncker C. Nuevas técnicas en Cardiología Nuclear. SPECT, PET y Antimiosina. *Archivos del Instituto Nacional de Cardiología*. 1991;61:597-601.
- 8.- McCracken DD. The Monte Carlo method. *Sci Am*. 1955;192:90-96.
- 9.- Zaidi H. Relevance of accurate Monte Carlo modeling in nuclear medical imaging. *Med Phys* 1999;26:574-608.