

GAMMAGRAFIA HEPATICA. SU TECNICA. UTILIDAD CLINICA.

Teniendo en cuenta el enorme incremento que han tenido en los últimos años las técnicas diagnósticas basadas en la utilización de isótopos radioactivos, es apropiado hacer un resumen a manera de revisión de una de las técnicas más comunes, útiles e inocuas.

Cerca del 40% de la masa del hígado esta conformada por células del sistema reticuloendotelial, representadas por las células de Kupffer con una gran capacidad fagocítica, hecho que es aprovechado en los procedimientos que después se discuten.

Después de la inyección intravenosa de partículas de cualquier tipo, oro, plata, fosfato crómico, carbón, dióxido de torio, etc., éstas son fagocitadas por las células reticuloendoteliales del hígado con gran eficiencia. La mayoría de las partículas inorgánicas permanecen en las células por tiempo indefinido, ya que no pueden ser metabolizadas. La extracción completa de éstas partículas desde la sangre por parte del Hígado y del Bazo, constituye la base fisiológica para estudios mediante aclaramiento del flujo sanguíneo hepático y para ciertos tipos de estudios morfológicos o gammagrafía.

Resumen histórico.

Shepard en 1951, Dobson y Jones en 1952 y Root en 1954, usando materiales coloidales radioactivos, revelaron que en las neoplasias, la zona correspondiente fracasa en su capacidad de concentrar las partículas, haciendo contraste con la alta actividad del tejido normal circundante.

En 1951 Cassen ya había iniciado el uso de un detector de radioactividad convenientemente colimado (1) y preparado para hacer un barrido lineal sobre la zona a estudiar.

Desde entonces se ha utilizado con gran frecuencia la suspensión coloidal de partículas de Oro (Au^{198}).

En 1965, Harper usó por primera vez una forma coloidal de Sulfuro de Tecnecio con las correspondientes ventajas que tiene la emisión de un tipo de radiación gamma(2) monoenergético y un tiempo medio (3) de desintegración corto.

En 1966 Goodwin introdujo el coloide de Indio (In^{113m}) con ventajas que más adelante se señalarán.

Doctor Mario Poli. *

Es necesario aclarar que en Gammagrafía Hepática también se ha utilizado el Rosa de Bengala marcado con Yodo radioactivo (I^{131}), aunque su mecanismo de acción es diferente al de las partículas coloidales ya que se localiza en las células poligonales del Hígado para luego ser excretado por vía biliar.

Preparación del paciente.

Utilizando radiofármacos marcados con I^{131} se aconseja la previa administración de una solución de Lugol con objeto de bloquear la entrada del yodo radioactivo al tiroides y disminuir así el riesgo de su irradiación innecesaria. En otros casos no es necesaria ninguna preparación.

Radiofármacos más utilizados en Gammagrafía Hepática.

La utilidad de los diferentes radiofármacos depende de sus características físicas así como de su comportamiento químico y biológico.

Las principales características que definen a un radiofármaco ante nuestros propósitos son:

- 1) Comportamiento biológico
- 2) Tipo y velocidad de desintegración (4)
- 3) Características de detección.

Estos parámetros definen los criterios de selección, en un momento determinado y con un fin específico.

Un radiofármaco puede ser escogido por sus propiedades químicas que resultan en una tendencia a acumularse en un tipo de células en particular mediante un tipo de transporte activo, como es el caso del yodo respecto al Tiroides.

También sus características físicas pueden ser aprovechadas como resulta en el caso de ciertas partículas que son fagocitadas por células del sistema reticuloendotelial.

En todo caso, la mayoría de éstos procesos ocurren lo suficientemente rápido como para poder efectuar el procedimiento poco tiempo después de su administración.

El radionúclido debe emitir radiación gamma, de un tipo que pueda ser detectado externamente con un alto grado de localización espacial.

Si se compara una radiografía convencional con una imagen gammagráfica corriente se podrá ver como es superior

* Centro Médico, Calle 7a. No. 1-13 - Cali, Colombia.

(1), (2), (3), (4) ver glosario términos técnicos.

la resolución de la primera; sin embargo el método isotópico nos da información tanto sobre estructura como sobre función. Los puntos básicos a tener en cuenta en la selección de un radiofármaco pueden resumirse de la siguiente manera:

- a) Establecer que el problema diagnóstico a resolver o el parámetro fisiológico a medir requiere uno de varios radiofármacos posibles.
- b) Establecer el máximo de dosis de radiación permitida que pueda darse razonablemente para obtener la información deseada. La determinación de la dosis máxima permitida para un enfermo dado es un problema complicado. Sin embargo pueden usarse como guía los criterios recomendados por la Comisión Internacional de Protección Radiológica y que ahora no son del caso mencionar. Para obtener la información deseada, en la mayoría de los casos solamente será necesario dar una dosis que apenas constituye una pequeña fracción de las dosis permitidas.
- c) Determinar el tiempo de permanencia del radiofármaco, tanto en el órgano de interés como en otras regiones del organismo. Este se refiere al tiempo medio efectivo (5), que puede definirse como el tiempo necesario para que el 50 % de la radioactividad administrada haya abandonado al órgano. Es aceptable un tiempo medio efectivo de 1 1/2 veces el tiempo requerido para hacer la gammagrafía.
- d) Un criterio importante en la selección del radiofármaco es el tipo de desintegración radioactiva. En sistemas de detección externa como es el caso de la Gammagrafía Hepática, solamente Rayos X, radiación gamma y radiaciones de aniquilación proveen fotones detectables (6).

Partículas Beta (7), electrones de conversión (8), y fotones de baja energía son absorbidos por los tejidos, aumentado así la irradiación del enfermo, pero sin contribuir a la obtención de la información, pues como queda dicho, no son detectados por los sistemas que se utilizan para hacer la gammagrafía hepática.

La mayoría de los sistemas de detección gammagráficos trabajan con una radiación de tipo gamma con una energía por debajo de los 500 Kev (kiloelectrón voltios). Energías más altas tienen la ventaja de ser menos degradadas por absorción tisular, pero requieren un mayor grosor en los cristales de centelleo (9), y un blindaje más completo, hechos que a su vez van en detrimento de la sensibilidad y de la resolución del equipo. Por lo tanto, una energía de emisión en un radiofármaco de más de 600 Kev, es una buena razón para rechazarlo.

A continuación los radiofármacos que ofrecen la posibilidad de ser utilizados en Gammagrafía Hepática.

Rosa de Bengala marcado con I^{131} : El Rosa de Bengala es excretado en el árbol biliar, no teniendo reabsorción posterior en el tramo intestinal. La concentración hepática del material a través del tiempo no es uniforme ya que su eliminación comienza inmediatamente después de su captación y antes de que la misma se haya completado. Lo que permite una cierta acumulación es el hecho de que la

eliminación es más lenta que la captación. Naturalmente esto implica que la gammagrafía debe hacerse a una velocidad relativamente alta para que los cambios de actividad no se hagan evidentes en la imagen. Por otra parte, al ser eliminado hacia Duodeno, se pueden obtener imágenes, sobreañadidas que en ocasiones pueden causar confusión.

Sin embargo, el uso de éste material ofrece algunas ventajas: su comportamiento dinámico permite hacer gammagrafías seriadas con las cuales puede obtenerse información sobre la permeabilidad del tracto biliar. Es muy útil en el diagnóstico diferencial de ictericias obstructivas versus no obstructivas.

El procedimiento es el siguiente: a los 10 minutos de la administración del Rosa de Bengala se practica una Gammagrafía en proyección antero-posterior. Inmediatamente después puede darse al paciente una comida rica en grasas que estimule la excreción biliar. Treinta minutos después de la primera, se repite la exploración. Si se demuestra actividad en duodeno el examen ha terminado con la demostración de una buena permeabilidad del tracto biliar. Si no hay actividad a nivel del Duodeno se repite la exploración a las 6 y a las 24 horas para demostrar excreción retardada. Si a las 24 horas la gammagrafía es similar a la primera (sin actividad demostrable en intestino) es segura la presencia de una obstrucción completa. Es importante recalcar para que sirva de comparación, la completa inocuidad del procedimiento.

La dosis usual del Rosa de Bengala es de 150-200 uCi (microcurios) (10). Su principal energía es de 364 Kev con un tiempo medio de desintegración de 8,1 días. La dosis de radiación en cuerpo total es de 0,22 Rads (11) y en órgano crítico que es el Hígado es de 0,7 Rads, que está muy por debajo de la dosis permitida.

Iodipamida marcada con I^{131} . Es una sal sódica del ácido adipoyl-bis (N-3 amino-2,4,6-triiodobenzóico) en ácido cítrico y en la cual un átomo de yodo estable ha sido reemplazado por uno radioactivo. Su mecanismo de acción es similar al de Rosa de Bengala. Necesita 30-60 minutos para su máxima acumulación en Hígado. Su uso no se ha extendido por lo que no entraré en detalles sobre este radiofármaco.

Molibdeno: Es el único radiofármaco utilizado en gammagrafía hepática, que localizándose en las células poligonales no es eliminado hacia el árbol biliar sino que permanece en la célula ya que es un cofactor de la Xantin-oxidasa hepática. Es poco práctico por lo cual no se aconseja su uso.

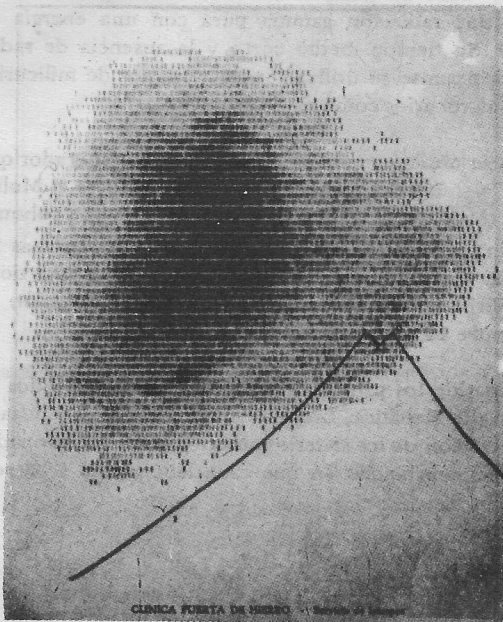
Oro coloidal (Au^{198}): Este material se administra en forma de partículas con un diámetro medio de 0.040 micras, en suspensión coloidal. Sin duda alguna es el radionúclido más utilizado en gammagrafía hepática.

Su tiempo medio de desintegración es de 2,7 días, lo que permite su almacenamiento durante un tiempo razonable. Debido a que permanece indefinidamente en las células

(5), (6), (7), (8), (9), (10), (11) ver glosario términos técnicos.

de Kupffer, tiene un tiempo medio efectivo relativamente largo, aunque en pocos días ha perdido toda su radioactividad.

de la elución se alcanza el nivel máximo de actividad del radioisótopo "hijo", es decir, del $\text{In}^{113\text{m}}$ que es mantenido hasta la próxima elución. El $\text{In}^{113\text{m}}$ decae mediante la emisión de un rayo gamma de 390 Kev para convertirse en Indio estable. Esta es la radiación que se aprovecha. Para poder utilizarlo en Gammagrafía Hepática es necesario unir éste radioisótopo a un substrato de gelatina, y mediante un proceso que ya está estandarizado se obtienen partículas de agregados de unas 10 micras de diámetro en promedio que son fagocitadas por las células reticuloendoteliales mediante el proceso fisiológico que se mencionó anteriormente.



Gráfica 1. Gammagrafía hepática normal en proyección A-P.

En Au^{198} tiene un espectro de emisiones beta y gamma. Solamente estas últimas son utilizadas. Las radiaciones gamma de este material tienen las siguientes energías: 95 % de 411 Kev, 4,1 % de 676 Kev. El resto es de 1088 Kev.

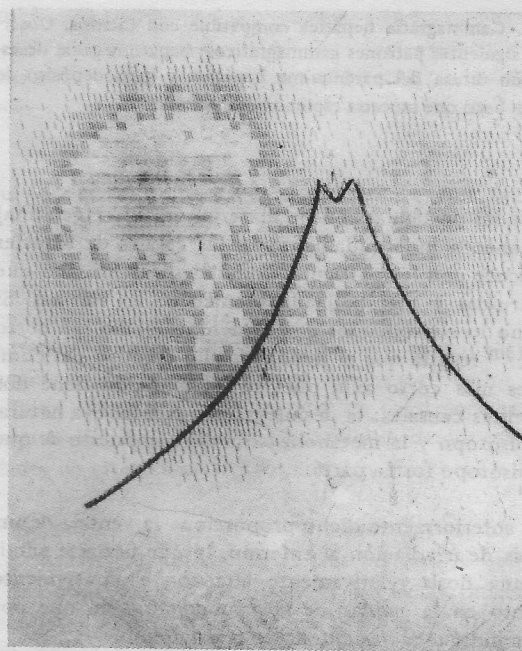
Con una dosis usual de 200 uCi el cuerpo completo recibe aproximadamente 0,3 Rads y el órgano crítico que por supuesto es el Hígado, recibe cerca de 8 Rads.

El punto máximo de captación se obtiene entre 20 y 30 minutos, con un tiempo medio de aclaramiento sanguíneo (12) del coloide de 3-4 minutos.

Indio 113 metastable ($\text{In}^{113\text{m}}$): El uso de este radionúclido se inició en 1966 y es un buen ejemplo del valor de los núclidos de tiempo medio corto que decaen por transición isomérica (13) Se eluye (14) de su núclido "padre" que es el Estaño-113 (Sn^{113}) que tiene un tiempo medio de desintegración de 118 días, lo que permite tener material disponible por cerca de un año, en cantidades utilizables. El Sn^{113} es producido por activación de neutrones y es adsorbido sobre una resina de intercambio iónico. Como eluyente se utiliza ácido clohídrico 0,5N. A las 18 1/2 horas

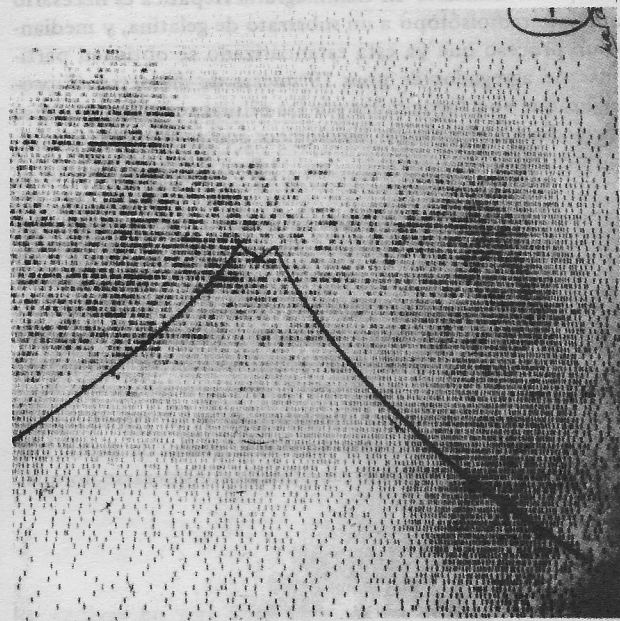
Naturalmente todo el proceso de elución y de preparación de las partículas debe hacerse en el mismo laboratorio en que se va a hacer la gammagrafía pues el $\text{In}^{113\text{m}}$ tiene un tiempo medio de desintegración de 1,7 horas solamente, siendo evidente que debe utilizarse rápidamente después de obtenido el compuesto para no perder actividad.

Un 80 % de la cantidad administrada va al Hígado y un 10 % al Bazo, por lo que un cierto grado de captación por parte de éste último órgano puede considerarse normal.



Gráfica 2. Gammagrafía hepática en proyección A-P que muestra hepatomegalia. Obsérvese un discreto depósito de material radioactivo en bazo.

(12), (13), (14) ver glosario términos técnicos.



Gráfica 3. Gammagrafía hepática compatible con Cirrosis. Obsérvense los siguientes patrones gammagráficos: hepatomegalia, desestructuración difusa del parenquima hepático y gran depósito de material en bazo que muestra esplenomegalia evidente.

Dado que las partículas son de material orgánico (gelatina), no permanecen indefinidamente en las células de Kupffer como sucede con las partículas coloidales de Oro sino que son destruidas y metabolizadas dentro de las mismas. Si éste hecho lo combinamos con el tiempo medio tan corto del In^{113m} resulta que el tiempo medio efectivo del compuesto es más corto aún, pues su desaparición tiene dos componentes causales: la desintegración radioactiva natural del radioisótopo y la metabolización del compuesto de que ese radioisótopo forma parte.

Todo lo anteriormente dicho proporciona la ventaja de una baja dosis de irradiación al enfermo, lo que permite administrar una dosis relativamente alta con el consiguiente incremento en la calidad de la gammagrafía, sin que por ello se perjudique al paciente en lo más mínimo.

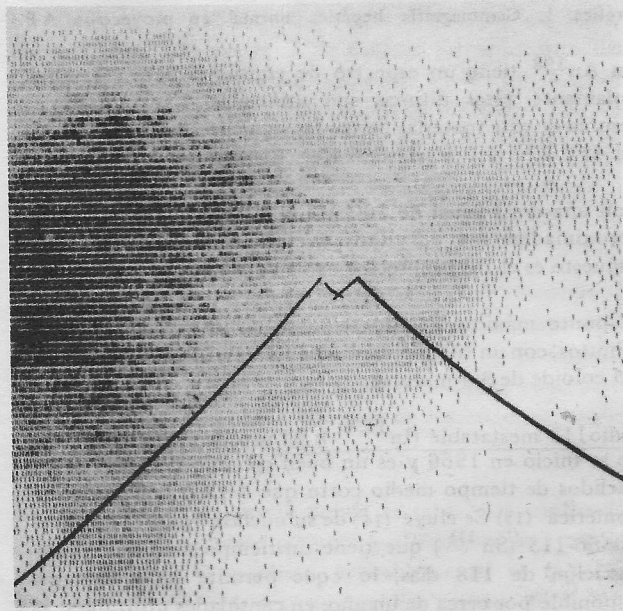
Microagregados de albúmina marcados con I^{131} : Se utilizan partículas de 5-10 micras de diámetro. Las mismas son fagocitadas por las células de Kupffer, pero no permanecen indefinidamente en el Hígado ya que ocurre una

proteólisis con la consiguiente deshalogenación, quedando el Yodo libre para ser eliminado por vía urinaria. No debe olvidarse el previo bloqueo del Tiroides con Lugol. Dado el tiempo medio biológico tan corto (40 minutos) por la proteólisis mencionada, el uso de este material es bastante restringido ya que no da tiempo a practicar la exploración en varias proyecciones.

Coloide de Sulfuro de Tecnecio-99 metastable (Tc^{99m}): el Tc^{99m} tiene un tiempo medio de desintegración de 6 horas y una radiación gamma pura con una energía de 140 Kev. Su tiempo medio corto y la ausencia de radiación beta permite su utilización en términos de milicurios y no de microcurios como es el caso del Au^{198} .

También se obtiene mediante elución de un generador que contiene al núcleo "padre", que en este caso es el Molibdeno-99 (Mo^{99}) que se encuentra adsorbido a una columna de alúmina. La partículas que se preparan tienen unas 20 micras de diámetro. Se administra usualmente una dosis de 2 milicurios, alcanzando su máxima concentración en Hígado entre 10 y 15 minutos.

Estos han sido los principales radiofármacos utilizados en Gammagrafía Hepática. Escoger uno de ellos es el resultado de la aplicación de los criterios anteriormente mencionados y de las circunstancias en que cada laboratorio se desenvuelve.



Gráfica 4. Gammagrafía hepática correspondiente a paciente con hígado poliquístico. Se observan múltiples lesiones ocupantes de espacio manifestadas por zonas en que la radioactividad es menor o nula.

Procedimiento

Se administran 2 milicurios de coloide de $\text{In}^{113\text{m}}$ o 200 μCi de Au^{198} coloidal. Aproximadamente 20 minutos después se inicia la exploración previa selección del fotopico (15) del radiofármaco utilizado. De acuerdo con el máximo de impulsos se escoge la velocidad del barrido del cabezal detector. No se explicarán los fundamentos de este hecho; baste decir que las desintegraciones radioactivas son un fenómeno que ocurre al azar a través del tiempo, estando por lo tanto sometidas a la leyes de la Estadística. A mayor velocidad del barrido, menor es la oportunidad de que un buen número de fotones llegue al cristal de centelleo en un momento dado. El resultado sería una pérdida en la calidad de la Gammagrafía. Con Au^{198} una Gammagrafía de Hígado corriente demora unos 15 minutos en hacerse. Con $\text{In}^{113\text{m}}$ se puede trabajar a mayor velocidad dada la alta dosis que usualmente se administra. Es importante un adecuado registro de algunas constantes anatómicas como apéndice xifoides y rebordes costales sobre la misma imagen gammagráfica ya terminada. Esto puede servir de orientación y referencia en casos de cambios en la posición o dimensiones del Hígado. Es igualmente importante la transcripción del borde hepático o de cualquier masa palpable, que en algunas oportunidades es la única indicación de la presencia de una lesión ocupante de espacio. Por esto es importante que ésta etapa de la exploración la efectúe el médico a cargo del paciente y no su personal auxiliar ya que es imprescindible su criterio.

Por último, cabe anotar que la exploración debe hacerse rutinariamente en proyección antero posterior y lateral derecha, pues muchas lesiones invisibles en una de ellas pueden hacerse evidentes en la otra. Algunos autores señalan en un 15% las lesiones descubiertas gracias a la practica rutinaria de la proyección lateral.

De acuerdo con los resultados, pueden ser necesarias otras proyecciones.

Indicaciones para la Gammagrafía Hepática.

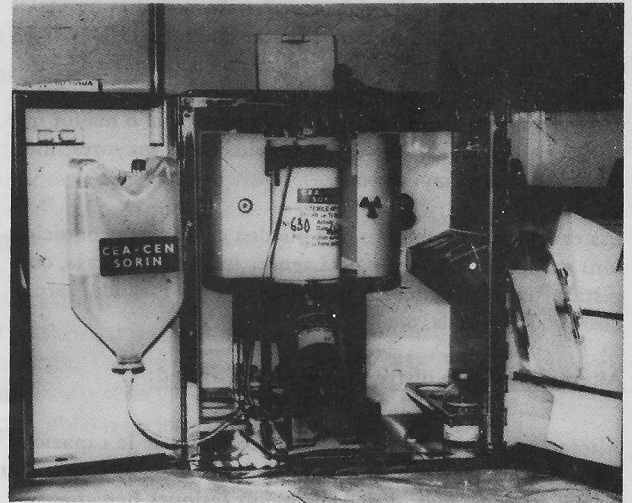
Las indicaciones para la Gammagrafía Hepática son numerosas, pero las más importantes pueden resumirse así:

- 1) Evaluación de la posición, forma y dimensiones del Hígado. El tamaño puede ser confirmado en casos de hepatomegalia o cuando obesidad o ascitis hacen difícil una evaluación clínica.
- 2) Detección de lesiones ocupantes de espacio focalizadas, como tumores, quistes o absesos.
- 3) Evaluación de masas abdominales y sus relaciones con el Hígado.
- 4) Evaluación preoperatoria para metástasis hepáticas en enfermos con malignidad confirmada.
- 5) Localización de lesiones hepáticas para biopsia.
- 6) Localización de absesos para guía del drenaje.
- 7) Seguimiento de pacientes con metástasis para evaluación de quimioterapia o radioterapia.
- 8) Elaboración de un diagnóstico en enfermos con pa-

(15) ver glosario términos técnicos.

tología hepática difusa como cirrosis o hepatitis.

- 9) Detección de lesiones iatrogénicas, como las causadas por radiación en pacientes sometidos a radioterapia por cualquier motivo.



Gráfica 5. Generador estéril de $\text{In}^{113\text{m}}$. Este material esta tomando un uso creciente para la preparación de coloides, debido a su corta vida media que representa un menor riesgo de irradiación para el paciente.

Gammagrafía Hepática normal.

Los parámetros que se estudian en una gammagrafía hepática son: situación, forma, dimensiones y distribución de la actividad. No existe un patrón estrictamente normal. Un adecuado criterio que solamente proporciona la experiencia es indispensable para una correcta interpretación. Por ejemplo, un cierto grado de desdibujamiento en los bordes, especialmente en la parte superior del lóbulo derecho, puede ser causado por los movimientos respiratorios del paciente. Además existen zonas en que puede haber una captación disminuída con una distribución irregular de la actividad porque en esos sitios el tejido hepático es más delgado, pero sin que exista en ello un fondo patológico. Estas zonas pueden ser, el borde del lóbulo izquierdo y el punto de salida de las venas hepáticas, el lecho de la vesícula biliar, hilio hepático y lecho cardíaco, por las huellas que estas estructuras pueden dejar sobre la silueta hepática.

Además existe una serie de variaciones de la forma cuyo detalle no discutiré ahora.

Gammagrafía Hepática anormal.

Alteraciones en la situación: Pueden ser causadas por anomalías a nivel de diafragma o por malformaciones congénitas del tipo "situs inversus". También se observan desplazamientos en casos de ascitis, abscesos subfrénicos, hernias diafragmáticas que desplazan al Hígado hacia el tórax a través de los espacios de Larrey, Morgani y Bochdaleck.

Así mismo, masas intra o extrahepáticas grandes pueden ocasionar un desplazamiento del Hígado, dependiendo de la dirección del mismo de la localización de la masa.

Alteración de las dimensiones: Hepatomegalia es sin duda alguna la alteración gammagráfica más común. Aunque no es fácil establecer cuales deben ser las dimensiones normales con exactitud, un diámetro máximo horizontal de unos 18 cms. puede servir de guía, así como uno vertical de 16 cms. Igualmente puede hablarse de hepatomegalia si en la gammagrafía el lóbulo izquierdo aparece igual o mayor que el derecho, o si sus niveles de actividad son mayores, indicando ellos un mayor grosor.

Las causas más frecuentes que pueden causar esta condición son: malignidad, cirrosis de Laenec, infiltración grasa, congestión pasiva crónica, hepatitis aguda y subaguda, sarcoidosis y amiloidosis, etc.

Alteraciones en la distribución de la actividad:

Alteraciones focales: La pérdida localizada de la capacidad fagocítica de las células puede deberse a varias causas. En primer lugar es muy difícil distinguir lesiones benignas de las malignas. La experiencia en la interpretación gammagráfica puede ayudar, pero es indispensable establecer una correlación con los datos clínicos disponibles. En ocasiones, lesiones difusas como cirrosis pueden tener apariencia de lesiones focalizadas si su distribución no es uniforme y por la presencia de nódulos de regeneración que no captan el material radioactivo. Las principales causas de defectos gammagráficos focalizados son:

- Metástasis
- Quistes (hidatídico, poliquistosis, etc)
- Abscesos (piogénicos, amebianos, actinomicosis)
- Hamartomas (adenomas de conductos biliares).
- Granulomas.
- Infartos
- Enfermedad de Hodgkin
- Hemangiomas
- Carcinoma hepático primario
- Hematomas subcapsulares (trauma)
- Defectos post-quirúrgicos
- Cirrosis (nódulos de regeneración).

Alteraciones difusas: Una distribución no uniforme de la actividad puede acompañar a lesiones parenquimatosas debidas a varias causas. Cirrosis es la más común y frecuentemente va acompañada de hepatomegalia. La captación del radionúclido en ocasiones es tan pobre que hay grandes variaciones estadísticas en el contaje. Cuando hay un fracaso en la captación por parte de las células del sistema reticulo-

endotelial del hígado, se observa una hiperactividad compensatoria del sistema reticuloendotelial del bazo y de la médula ósea, especialmente a nivel de columna vertebral. Este hallazgo, junto con la pérdida difusa de la estructura gammagráfica del Hígado es característico de Cirrosis y ocurre en una etapa avanzada de la disfunción hepática. Este hecho tiene gran valor pronóstico, pues la gammagrafía puede dar una idea bastante buena del grado de evolución de la enfermedad.

Otro factor que en la cirrosis interfiere con la captación es la formación de cortocircuitos arterio venosos intrahepáticos que no permiten a un gran número de partículas llegar hasta las células para que puedan ser fagocitadas. Como consecuencia de una posible hipertensión portal asociada, puede haber esplenomegalia que también es detectada por la gammagrafía.

Nódulos de regeneración, focos de necrosis y áreas de proliferación conjuntiva no captan el material radioactivo, pudiéndose encontrar por ello lesiones focalizadas sobreañadidas.

Otra causa muy común de los defectos difusos de la captación es la presencia de metástasis difusas. El 90% de las metástasis comprobadas son detectables gammagráficamente. Es inobjetable la utilidad de la Gammagrafía en estos casos, si se compara con otros métodos diagnósticos como estudios enzimáticos y otras pruebas hepáticas. Solo en un 70% de los casos puede hacerse el diagnóstico mediante biopsia ciega. El porcentaje sube mucho si va precedida de una gammagrafía que la guíe. Otras causas de pérdida difusa de la estructura son:

- Hepatitis
- Enfermedades metabólicas
 - Infiltración grasa
 - Amiloidosis
 - Enfermedad de von Gierke
 - Galactosemia
 - Enfermedad de Nieman Pick
 - Enfermedad de Wilson
 - Hemocromatosis
 - Infecciones por espiroquetas
 - Enfermedad de Whipple

Reconocimiento: La iconografía del presente artículo fue tomada del archivo del Servicio de Medicina Nuclear de la Clínica Puerta de Hierro en Madrid.

Agradezco a su jefe, Dr. José Ortíz Berrocal y colaboradores su valiosa enseñanza, pero sobre todo su amistad que me honra.

GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS

- (1) Colimador: Elemento, usualmente fabricado de plomo, que se antepone al detector de radioactividad con el objeto de focalizar las radiaciones incidentes y lograr de esta manera una buena resolución espacial con la menor pérdida posible de sensibilidad. Existen de varios tipos, pero los más corrientes son aquellos cuyos orificios son convergentes, de tal mane-

ra que la mayor parte de la superficie del detector esté expuesta solamente a las radiaciones provenientes de un punto determinado.

- (2) **Radiación Gamma:** Emisión de tipo electromagnético por un núcleo atómico en estado de inestabilidad. Implica la pérdida de un exceso de energía que acompaña a una reacción nuclear. La relación entre masa y energía esta dada por la ecuación de Einstein:

$$\text{Energía (ergios)} = \text{Masa (gramos)} \times c^2,$$

donde c es la velocidad de la luz.

La radiación gamma, pues, como toda radiación electromagnética viaja a la velocidad de 3.0×10^{10} cms./segundo, y exhibe las propiedades de los fotones o Cuantos.

La radiación gamma es más penetrante que la beta y la alfa, característica que la hace detectable por métodos externos, y que se aprovecha en los procedimientos descritos en este artículo.

- (3) **Tiempo medio de desintegración:** Período de tiempo necesario para que la radioactividad de una muestra haya bajado espontáneamente a la mitad del valor inicial. Este tiempo es característico para cada radionúclido particular.

- (4) **Desintegración:** Transformación espontánea dentro del núcleo con cambios en el número de protones y neutrones o de su disposición interna.

Las características más importantes de la desintegración radioactiva son:

- Los núcleos de un radionúclido particular se desintegran siempre con el mismo tipo de emisión.
- Hay radionúclidos que tienen más de un modo de desintegración y el porcentaje correspondiente a estos tipos es siempre el mismo.
- La energía que acompaña la desintegración de un radionúclido particular es siempre la misma.
- La desintegración de un elemento radioactivo es constante.
- La desintegración de un elemento radioactivo es un evento que ocurre al azar, de modo que de acuerdo con leyes estadísticas se puede saber cuantos átomos se desintegran en una fracción de tiempo, pero no se puede predecir cuáles.

- (5) **Tiempo medio efectivo:** Tiempo medio efectivo es el tiempo necesario para que la mitad de la radioactividad administrada a un órgano haya desaparecido.

Resultado de una combinación del tiempo medio de desintegración y del tiempo medio biológico.

La relación entre éstos términos está expresada así:

$$T_{1/2} \text{ biológico} = \frac{T_{1/2} \text{ desintegración} \times T_{1/2} \text{ efectivo}}{T_{1/2} \text{ desintegración} + T_{1/2} \text{ efectivo}}$$

- (6) **Radiación de aniquilación:** Radiación procedente de la reacción entre un par de anti-partículas con la consiguiente desaparición de las partículas y la producción de una cantidad equivalente de energía en forma de fotones. Por ejemplo la interacción de un electrón y un positrón resulta en la conversión de masa en radiación de tipo electromagnético de una energía equivalente al de esa masa.

- (7) **Partícula Beta:** Un electrón bien sea positivo o negativo. Las partículas beta positivas son llamadas positrones y las negativas, negatrones. El término de partícula beta esta reservado a electrones que se originan en el núcleo y no comprenden a los electrones que giran a su alrededor.

- (8) **Electrón de conversión:** Partículas que poseen cargas iguales se repelen mutuamente. La repulsión entre una partícula beta negativa y un electrón orbital en la substancia que esta

siendo atravesada por la primera, es suficiente para expeler al electrón orbital fuera de su átomo. Al perder una carga negativa el átomo que la ha perdido se convierte en un ión positivo.

- (9) **Cristal de Centelleo:** Elemento cristalino, generalmente compuesto por yoduro de sodio activado por Talio en el cual interacciona la radiación proveniente de una fuente externa, produciendo un destello luminoso que luego es convertido por otro sistema en un flujo electrónico que amplificando y analizando es luego convertido en un impulso mecanico a nivel del mecanismo de inscripción del equipo gammagráfico.

- (10) **Microcurio:** Un millonésimo de Curio. Curio: Unidad de radioactividad definido como $3,70 \times 10^{10}$ desintegraciones por segundo. También se refiere a la cantidad de material radioactivo que contiene tal cantidad de átomos desintegrándose en cada segundo.

- (11) **Rad:** Unidad que indica la cantidad de energía que es transferida a un material sometido a radiaciones ionizantes. Un Rad equivale a 100 ergios por gramo.

- (12) **Tiempo medio de aclaramiento:** Tiempo necesario para que la mitad de una dosis administrada sea extraída de la sangre por órganos que presentan afinidad por dicho material.

- (13) **Transición isomérica:** A veces, el núcleo en estado excitado permanece como tal antes de la emisión gamma durante minutos u horas. Ya que el átomo estable y el excitado tienen el mismo número de protones y neutrones, se les llama isómeros nucleares y la transición entre ellos se conoce como transición isomérica.

- (14) **Elución:** Separación de un radionúclido, generalmente de vida media corta, del radioisótopo "padre" en un sistema generador. Para la separación de estos dos elementos se emplean procedimientos químicos.

- (15) **Fotopíco:** Nivel de energía característico a un radioisótopo dado.

BIBLIOGRAFIA

1. Ruffin J. M. and Tyor M. D.: Radioisotopes as diagnostic aids in gastroenterology. JAMA 175: 685, 1961
2. Silver, S. : Radioactive Nuclides in Medicine and Biology: Medicine, 3rd. Ed. Philadelphia, Lea & Febrieger, 1968.
3. Wagner H. N. Jr., ed: Principles of Nuclear Medicine, Philadelphia, W.B. Saunders Co. 1968
4. Stirret, L.A. Yuhl, Et. T. and Cassen, B.: Clinical aplicaciones of hepatic radioactivity surveys. Amer J Gastroent 21: 310, 1954.
5. Johnson, P.M. and Sweeney, W.A. : The false positive hepatic scan. J Nucl Med 8: 451, 1967.
6. McAfee, J., Anse, R.G., and Wagner, H. N. Jr.: Diagnostic value of scintillation scanning of the liver. Follow-up of 1000 studies. Arc Intern Med 166: 95, 1965
7. Gutiérrez, R.R., Bacon, H.E., and Gennaro, A.R.: The value of liver scan in management of cancer of the large bowel. Dis Colon Rectum 11: 61, 1968
8. Eyler, W.R., Schuman, B.M., Du Sault, L.A. and Ninson, R.E.: The radioiodinated rose bengal liver scan as an aid in the differential diagnosis of jaundice. Amer J Roentgen 94: 469, 1965.
9. Freeman, L.M., Kay, C.J., and Derman, A.: Renal excretion of radioiodinated rose bengal- a pitfall in the interpretation of rose bengal abdominal scans. J Nucl Med 9: 227, 1968.
10. Ghadimi, H., and Sass-Kortsak, A.: Evaluation of the radioactive rose bengal test for the differential diagnosis

- of obstructive jaundice in infants. *New Engl J Med* 265: 351, 1961
11. Freeman, L.M., and Kay, C.: Radioactive rose bengal abdominal scanning in jaundiced patient. *N Y J Med* 66: 1778, 1966.
 12. Brown, D.W.: Lung-liver radioisotope scans in the diagnosis of subdiaphragmatic abscess. *JAMA* 197: 728, 1966
 13. Brown, D.W.: Combined lung-liver radioisotope scans in the diagnosis of subdiaphragmatic abscess. *Amer J Surg* 109: 521, 1965.
 14. Ackerman, N. B., McAffe, A.S., Miller, W.D., and Marvin, J.F., Improved mechanical printer for liver scanning. *J. Am Med Assoc* 179: 134, 1963.
 15. Beck, R.N., A. theoretical evaluation of scanning systems. *J Nucl Med* 2: 314, 1961
 16. Hine, G.J., Color-codet digital print-out for radioisotope scanning. *J Nucl Med* 4: 439, 1963.
 17. Brownell, G.L., Theory of radioisotope scanning. *Proc Symp Med Radioisotope Scanning*, Athens, 1964 Vol 1p. 57 Intern Ar Energy Agency, Viena, 1964
 18. Christie, J.H., McIntyre, W.J., Gómez-Crespo, G., and Koch-Weses D., Radiosotope scanning in hepatic cirrhosis. *Radiology* 81: 455, 1963.
 19. Quinn, J.L., ed., *Scintillation Scanning in Clinical Medicine*, Saunders Philadelphia, Pennsylvania, 1964.
 20. Maynard, C.D., *Clinical Nuclear Medicine*. Lea & Febiger. Philadelphia, 1969.
 21. Hine G.J. ed., *Instrumentation in Nuclear Medicine*. Vol 1. Academic Press New York, 1967
 22. Scheer, K.E., Use of short-lived isotopes in Medical diagnosis. *Brit J Radiol* 42: 641, 1969
 23. Ortiz Berrocal, J., Otero J., Arnaiz, F., Pedraza V., Chamorro J.L. Poli, M., y Segovia J.M. La hepatitis local por irradiación *Radiología* 12: 707, 1970.
 24. Weeber, M.M., Victory, W., and Cragin, M.D., Stabilizer Reaction Free Sulfur Tc^{99m} suspension for liver, Spleen and Bone Marrow scanning. *Radiology* 92: 170, 1969.
 25. Burdine, J.A. Jr., Indium^{113m} Radiopharmaceuticals for multipurpose imaging. *Radiology* 93: 605, 1969
 26. Ferrante, W.A., and Maxfield, W.S., Comparison of diagnostic accuracy of liver scans, liverfunction tests and liver biopsies. *South M J* 61: 1255, 1968
 27. Ferrier, F.L., Hatcher C.R., Achord, J.L. and Abbot O. A., Value of Liver scanning for detection of metastatic cancer. *Am Surgeon*, 35: 112, 1969
 28. Wilson, F.E., Preston D.F., and Overholt E.L., Detection of hepatic neoplasm: hepatic scanning combined with liver function studies. *JAMA* 209: 676, 1969
 29. Freeman, L.M., Bernstein, R.G., Katz, M.C., Derman, A., and Meng, C.H., Combined diagnostic approach of Hepatic scanning and celiac angiography in investigation of liver disease. *J Nucl Med* 10: 628, 1969
 30. Gammill, S.L., Maxfield, W.S., Font, R.G., and Sparks R.D., Filling defects on scintillation scans of liver associated with dilatation of bile ducts. *Amer J Roeng* 107: 37, 1969.
 31. Johnson, R.B., Castell, D.O. and Lukash, W.M., Liver scanning for detection of collateral circulation in Liver disease: Survey of 567 Hepatic photoscans. *JAMA* 207: 528, 1969.
 32. Ortiz Berrocal, J., Arnaiz Bueno, F., Pedraza Muriel, V., Chamorro Romero, J.L., Poli Mathias M., *Algunas aplicaciones Clínicas de los Radioisótopos*. Ediciones Roche, Madrid, 1970.
 33. International Comisión on Radiological Protection, Committee II. 1959: Permissible Dose for Internal Radiation. *Health Phys.*, 3: 1, 1960.

Hasta el momento las siguientes Sociedades Científicas han obtenido
 suscripciones (a precios muy convenientes) para sus socios :

Sociedad Vallecaucana de Patología

Sociedad Vallecaucana de Salud Pública

Sociedad Vallecaucana de Pediatría

Informes con el Doctor Rodrigo Guerrero V., teléfono 51-11-11

extension No. 61