



**OIEA - ARCAL**

**PROTOCOLOS CLINICOS PARA  
ESTUDIOS DE SPECT**

PROYECTO ARCAL XXXII - RLA/6/036

“CONTROL DE CALIDAD Y OPTIMIZACION DE  
PROTOCOLOS CLINICOS DE SPECT”

2002

(versión actualizada y revisada 2008)

## PRÓLOGO

La técnica de tomografía por emisión de fotón único (SPECT) se ha convertido en el método de elección para estudios cardíacos y cerebrales en medicina nuclear, y su aplicación en otra amplia variedad de exploraciones es conveniente y recomendable debido a la información diagnóstica adicional que proporciona frente a la metodología planar convencional. Se estima que en los países desarrollados, un servicio promedio de medicina nuclear realiza aproximadamente entre el 30 y el 40% de todos los procedimientos bajo la modalidad de SPECT, predominando en este grupo los estudios cardíacos.

Aunque los instrumentos con capacidad de SPECT se han difundido ampliamente en los países de América Latina, la utilización adecuada de los mismos y el máximo aprovechamiento de su tecnología se han visto a menudo limitados por diversas razones. Una de ellas es la falta de estandarización por carecer de guías de procedimientos al alcance de médicos y tecnólogos donde se exprese claramente y en idioma local, los pasos a seguir para la obtención de estudios de máxima calidad diagnóstica, así como los fundamentos básicos de dichas recomendaciones y sus indicaciones clínicas.

Esta situación motivó la implementación del proyecto ARCAL XXXII - RLA/6/036 "Control de calidad y optimización de protocolos clínicos de SPECT". Después de una serie de reuniones técnicas programadas en el marco del proyecto, en octubre de 2000 se realizó una reunión final de expertos en la ciudad de Toluca, México, para la evaluación de los resultados de las diferentes comisiones de trabajo sobre SPECT cardíaco, cerebral y de otros órganos. Esta reunión contó con ocho asistentes de los países participantes (médicos especialistas en medicina nuclear y físicos) y cuatro evaluadores externos designados por el OIEA. En ella se revisaron los protocolos elaborados, a la luz de la evidencia científica disponible a la fecha que avalara su aplicación y también en base a la experiencia clínica de los asistentes (la lista de participantes figura en el Anexo V).

Dentro de las recomendaciones emanadas del grupo de trabajo original, se incluye la publicación y difusión del material por parte del OIEA, tarea que se cumple en esta instancia. Debido al tiempo transcurrido desde su elaboración, el documento ha sido totalmente revisado y actualizado en 2008 en la sede del OIEA en Viena agregándose algunos procedimientos y bibliografía, así como un anexo sobre aplicaciones clínicas del SPECT/CT.

El documento que se presenta aquí debe interpretarse solamente como una guía práctica de recomendaciones y no como un rígido manual de procedimientos pues de hecho es posible alcanzar resultados satisfactorios mediante otras variantes técnicas, imposibles de abarcar en su totalidad. Sin embargo, el seguimiento de estas pautas permite garantizar la obtención de estudios de SPECT de adecuada calidad diagnóstica en la práctica clínica. Es de esperar que la presente publicación sea de utilidad para todos aquellos profesionales y tecnólogos involucrados en la realización de procedimientos de SPECT en los países de habla hispana.

El OIEA desea expresar su agradecimiento a todos los expertos que han contribuido a esta publicación.

Los oficiales responsables de este documento fueron el Dr. Maurizio Dondi (Jefe de la Sección) y el Dr. Fernando Mut (Consultor), Sección de Medicina Nuclear, División de Salud Humana del OIEA.

## SUMARIO

I.- INTRODUCCIÓN .....	4
II.- CONSIDERACIONES GENERALES .....	4
III.- CONTROL DE CALIDAD EN SPECT.....	5
IV.-PROTOCOLOS CLÍNICOS	
1 SPECT de perfusión cerebral.....	7
2 SPECT para evaluación de tumores cerebrales.....	15
3 SPECT cerebral con Tc99m-TRODAT.....	21
4 SPECT de perfusión miocárdica.....	26
5 SPECT de pool sanguíneo cardiovascular.....	42
6 SPECT de paratiroides.....	43
7 SPECT óseo.....	47
8 SPECT hepatoesplénico con coloides marcados.....	51
9 SPECT abdominal con glóbulos rojos marcados.....	55
10 SPECT con Talio-201 ó Tc99m-Sestamibi en oncología.....	58
11 SPECT renal.....	62
12 SPECT pulmonar por perfusión.....	66
13 SPECT con anticuerpos monoclonales.....	70
14 SPECT con Galio-67 en oncología.....	74
15 SPECT con Galio-67 en inflamación e infección.....	78
16 SPECT de coincidencia con 18F-FDG en oncología.....	81
V.- BIBLIOGRAFIA.....	84
ANEXO I: BASES GENERALES PARA ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO.....	87
ANEXO II: DOSIMETRÍA.....	92
ANEXO III: PRESENTACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE ESTUDIOS SPECT.....	96
ANEXO IV: SPECT/CT.....	102
ANEXO V: LISTA DE PARTICIPANTES – REUNIÓN FINAL ARCAL XXXII.....	110

## **I.- INTRODUCCIÓN**

Los equipos de SPECT instalados en centros de Medicina Nuclear en América Latina continúan incrementándose en número lo cual responde, al menos parcialmente, al aumento en la demanda de estos estudios. Actualmente no se concibe la existencia de un servicio o departamento de medicina nuclear que no cuente con equipos SPECT. A fin de optimizar los recursos existentes, es necesario que el personal involucrado en cualquiera de los aspectos del uso del SPECT y su aplicación con fines diagnósticos, cuente con la formación y capacitación necesarias para asegurar una práctica clínica adecuada y segura.

Los estudios de SPECT en la región, salvo algunas excepciones, no se han beneficiado de manera amplia y necesaria de una política de normatización en cuanto a pruebas de control de la calidad y de estandarización de protocolos clínicos. En lo que se refiere a éstos, constituyen en su mayoría extrapolaciones locales de lo que se ha establecido en países desarrollados cuyas características son distintas a las nuestras, contando con una tradición científica más prolongada y con parámetros de calidad bien establecidos y exigentes.

Para mejorar la situación de la región en este aspecto, se entendió necesario desarrollar una serie de actividades encaminadas a lograr una optimización y estandarización de los protocolos clínicos utilizados en SPECT.

Los países de la región latinoamericana cuentan con una población de aproximadamente 520 millones de habitantes (datos proyectados para el año 2008). Existían al momento del desarrollo del proyecto (año 2000) unas 540 cámaras gamma con capacidad de realizar SPECT, lo cual supone en promedio una densidad de 1.28 cámaras por millón de habitantes. El 37% de estos instrumentos se encontraba en Brasil, el 25% en Argentina, el 13% en México, el 10% en Colombia y el 13% en los restantes países. Cabe señalar que la densidad de sistemas SPECT por país era sumamente variable, pues mientras Argentina y Uruguay poseían 2 sistemas por millón de habitantes, en Venezuela sólo existía 0,1 gammacámara SPECT por millón de habitantes. Esta situación sin duda ha cambiado y se estima que la mayoría de los sistemas planares ha sido reemplazado por equipos SPECT.

Los estudios de SPECT representaban entre 10 y 20% de los estudios totales realizados con estos sistemas, experimentándose últimamente un notorio aumento de los estudios cardíacos, que en algunas instituciones llegan ya a constituir el 50%. Al menos en el 62% de los sistemas SPECT de la región se realizaban también estudios cerebrales abarcando 263 instituciones, mientras que en el 82% se efectuaban estudios de SPECT cardíaco involucrando a 386 instituciones (datos parciales). Los principales estudios realizados con SPECT eran en ese momento, en orden de frecuencia: SPECT cardíaco, cerebral, óseo, hepático y de otros órganos. Cabe señalar que en algunos países (Argentina es uno de ellos), existen servicios dedicados a cardiología nuclear donde dichos estudios representan prácticamente el 100% de los procedimientos.

En cuanto a las normas para ejecutar procedimientos de medicina nuclear con SPECT, 71% de los países aplicaba lineamientos propios que se consideraban pertinentes y extrapolaban además otras normas de países industrializados; 14% aplicaban únicamente sus propias normas y el 14% restante adoptaban directamente algunas recomendaciones internacionales.

## **II.- CONSIDERACIONES GENERALES**

Como recomendaciones generales, se consideró la necesidad de que cada centro posea su propio manual de procedimientos, en el cual se estableciera la forma en que se

desarrollará la técnica. Los procedimientos de SPECT, con excepción de los estudios cardiacos y cerebrales, deben ser considerados como accesorios a los estudios planares correspondientes. De este modo, la técnica tomográfica se indicaría en general para aumentar la sensibilidad de la metodología planar convencional y ayudar a la localización topográfica de las lesiones. Sin embargo, es notorio que las aplicaciones de SPECT han ido en aumento, y en esta revisión se han incorporado tres nuevas de ellas: estudio del sistema dopaminérgico cerebral, paratiroides y SPECT con análogos de la somatostatina.

#### **1.- Contraindicaciones relativas:**

- a) Gestación.
- b) Lactancia. En general, suspender hasta que en muestras de leche medidas "in vitro" se obtengan valores de actividad de fondo. Debe consultarse la bibliografía correspondiente a cada radiofármaco respecto a las medidas específicas.

#### **2.- Procedimientos pre-adquisición:**

- a) Los procedimientos deben ser previamente explicados al paciente o sus familiares.
- b) Deben consignarse los datos clínicos relevantes para la realización e interpretación de los estudios.
- c) La preparación del paciente debe ser adecuada al estudio que será realizado (hidratación, suspensión de ciertos medicamentos o alimentación especial, etc.).

### **III.- CONTROL DE CALIDAD EN SPECT**

La técnica de SPECT es un procedimiento muy exigente del punto de vista del desempeño técnico, por lo cual el equipo debe estar funcionando en óptimas condiciones. La importancia de contar con un programa de aseguramiento de calidad no debe ser subestimada. Los controles de calidad son especificados en detalle en las normas NEMA para SPECT, disponibles en varias publicaciones. Se recomienda como mínimo, con el fin de asegurar que los datos a interpretar sean técnicamente confiables, el siguiente esquema:

#### **1.- Configuración de energía:**

La verificación del posicionamiento de la ventana energética se debe realizar diariamente y cada vez que se cambie de isótopo. En caso de encontrarse desplazamientos del fotopico, deberá realizarse la calibración correspondiente. Para Tc-99m, se recomienda una ventana de 15% centrada en 140 keV.

#### **2.- Uniformidad de respuesta:**

Se debe verificar diariamente la uniformidad, ya sea en forma extrínseca (con el colimador más habitualmente usado) o intrínseca (sin colimador). En caso que se obtengan valores mayores a los especificados por el fabricante, se deben adoptar las medidas correctivas necesarias.

### **3.- Centro de rotación:**

Se debe verificar una vez por semana (o de acuerdo a la recomendación del fabricante) para cada colimador utilizado para estudios SPECT. En cámaras comprobadamente estables en su desempeño mecánico, este control podrá realizarse con menor frecuencia.

### **4.- Prueba de desempeño total:**

Se recomienda utilizar un fantoma de Jaszczack, Carlson o similar. Se debe realizar esta prueba cada dos meses para controlar uniformidad tomográfica, resolución tomográfica y contraste de la imagen. Si no se dispone de estos fantomas, pueden emplearse utensilios improvisados (recipientes, fuentes lineales o puntuales) que permitan verificar los mismos parámetros. La descripción de estas pruebas se encuentra fuera del propósito de las presentes recomendaciones.

## **IV.- PROTOCOLOS CLÍNICOS**

### **1.- SPECT DE PERFUSION CEREBRAL**

#### **1.1. PROPÓSITO**

El propósito de este protocolo es asistir a los centros de Medicina Nuclear mediante un conjunto de recomendaciones referentes a la indicación, preparación, realización, interpretación e informe de estudios de SPECT cerebral con radiofármacos del Tc<sup>99m</sup>.

#### **1.2. INFORMACIÓN GENERAL**

El SPECT cerebral es una técnica que permite obtener imágenes tomográficas de la distribución tridimensional de un radiofármaco cuya captación a nivel del tejido encefálico refleja primariamente la perfusión regional.

#### **1.3. INDICACIONES COMUNES**

- 1.3.1. Detección y evaluación de la enfermedad cerebrovascular.
- 1.3.2. Diagnóstico positivo y diferencial de las demencias.
- 1.3.3. Localización pre-quirúrgica de focos epilépticos.
- 1.3.4. Evaluación del daño en el traumatismo encéfalo-craneano.
- 1.3.5. Evaluación de pacientes con sospecha de encefalitis herpética.
- 1.3.6. Evaluación de encefalopatía por HIV.
- 1.3.7. Evaluación de trastornos neuropsiquiátricos.
- 1.3.8. Diagnóstico de muerte cerebral.
- 1.3.9. Otras indicaciones adicionales no incluidas en la lista precedente se encuentran en proceso de evaluación.

#### **1.4. PROCEDIMIENTOS PRE-ADQUISICIÓN**

- 1.4.1. Se debe instruir al paciente para que evite el consumo, durante las 24 h previas al estudio, de cafeína, alcohol, tabaco ó alguna otra sustancia que posea un efecto conocido o probable sobre el flujo sanguíneo cerebral.
- 1.4.2. El aspecto más importante en la preparación del paciente es evaluar adecuadamente su capacidad de cooperación, con el fin de determinar la necesidad de algún tipo de medida especial (sedación o anestesia).
- 1.4.3. Recoger información clínica pertinente: En la hoja del paciente se deben consignar los datos relevantes, incluyendo los provenientes de la Historia Clínica (abuso de drogas, trauma encefálico, etc.), examen neurológico, evaluación neuropsiquiátrica, exámenes morfológicos realizados recientemente (TAC, RM), medicación actual y momento en que fue administrada la última dosis.

- 1.4.4.** Lograr un adecuado ambiente en el momento de la inyección y durante el período de captación cerebral del radiofármaco.
- a) El paciente debe estar cómodamente sentado o acostado en un lugar con mínimos estímulos visuales y auditivos, absteniéndose de hablar o leer. No se recomienda la oclusión ocular, aunque ésta puede realizarse si se prefiere, siempre y cuando se mantenga un criterio constante.
  - b) Colocar una vía endovenosa al menos 10 minutos antes de la inyección del radiofármaco, permitiendo una buena adaptación del paciente.
  - c) Las condiciones arriba señaladas deben mantenerse desde los 10 minutos previos hasta 10 minutos después de la inyección.

## **1.5. RADIOFÁRMACO Y DOSIS**

### **1.5.1. Radiofármacos utilizados:**

- a) Tc<sup>99m</sup>-HMPAO (hexametil- propilenamino- oxima, exametazina o Ceretec). Se recomienda el uso de la forma estabilizada.
- b) Tc<sup>99m</sup>-ECD (etilcisteinato-dímero o Neurolite).

### **1.5.2. Preparación:**

- a) Usar eluido fresco (menos de 2 horas).
- b) No usar Tc<sup>99m</sup> de un generador que no se haya eluido en las 24 horas previas.
- c) Seguir estrictamente las recomendaciones del fabricante.

### **1.5.3. Dosis:**

- a) Adultos: 555-1110 MBq (15-30 mCi) para ambos radiofármacos. Dosis promedio: 20 mCi (740 MBq) para Tc<sup>99m</sup>-HMPAO ó 30 mCi (1110 MBq) para Tc<sup>99m</sup>-ECD.
- b) Niños: 7,4 – 11,1 MBq/kg (0,2 – 0,3 mCi/kg). Dosis mínima: 3 – 5 mCi (111-185 MBq).

### **1.5.4. Dosimetría:** ver Anexo II.

### **1.5.5. Administración:**

- a) El Tc<sup>99m</sup>-HMPAO (estabilizado) no debe ser inyectado antes de los 10 minutos ni después de las 4 horas de la reconstitución.
- b) El Tc<sup>99m</sup>-ECD no debe ser inyectado antes de los 30 minutos ni después de 6 horas de la reconstitución.
- c) Debe solicitarse al paciente que evacue la vejiga antes de comenzar la adquisición a fin de mejorar su comodidad durante el estudio, y después de 2 horas de la inyección, para minimizar la dosis de radiación.

### **1.5.6. Lapso inyección - adquisición:**

- a) Tc<sup>99m</sup>-HMPAO (estabilizado): mínimo de 60 min (óptimo = 90 min).
- b) Tc<sup>99m</sup>-ECD: mínimo de 30 minutos (óptimo = 45 min).



- c) La adquisición del estudio debe completarse preferentemente dentro de las 2 horas después de la inyección, debido a la influencia del decaimiento radioactivo y de la existencia de mínima redistribución. Cada servicio deberá estandarizar este lapso.

**1.5.7. Control de calidad:**

En lo posible, se determinará la pureza radioquímica del radiofármaco antes de la inyección según las instrucciones del fabricante.

**1.6. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES**

**1.6.1. Precauciones durante la adquisición:**

- a) Los pacientes demenciados, psiquiátricos, sedados o con déficit neurológico deben ser controlados estrecha y permanentemente.
- b) Si se requiere el uso de sedación, ésta debe administrarse al menos 5 minutos después de la inyección del trazador radioactivo, tratando de que el tiempo de acción del fármaco sea el mínimo indispensable.

**1.6.2. Cámara:**

Se recomienda preferentemente el uso de cámaras multidetectores. Sin embargo, se pueden obtener estudios igualmente satisfactorios con equipos de un solo detector.

**1.6.3. Colimador:**

Debe usarse el colimador de mayor resolución disponible, óptimamente de ultra-alta resolución de orificios paralelos, o bien colimador de orificios en abanico (fan-beam). Este último necesita un software especial.

**1.6.4. Posicionamiento del paciente:**

El paciente debe ser colocado en decúbito supino. La cabeza se fijará evitando la inmovilización rígida para mayor comodidad del paciente. Los dispositivos comerciales de soporte y sujeción son de gran utilidad siempre que no provoquen atenuación significativa. Es necesario asegurar una posición adecuada del paciente, de manera que todo el cerebro se incluya en el campo de visión en todas las proyecciones. La cooperación del paciente es fundamental, de lo contrario se deberá recurrir a la sedación, acorde a lo previamente enunciado.

**1.6.5. Radio de rotación:**

Se recomienda el uso del menor radio de rotación posible, de preferencia no mayor de 15 cm.

**1.6.6. Matriz y zoom:**

Se considera óptimo emplear una matriz de 128x128 o bien una de 64x64 con magnificación o zoom. El uso de magnificación para adquisición determina un tamaño de píxel adecuado, que deberá ser equivalente a un 1/3 a 1/2 de la resolución esperada en la imagen reconstruida. El factor de zoom se seleccionará de acuerdo al tamaño del detector y deberá estar centrado en la porción inferior del campo de visión. Los colimadores fan-

beam no requieren uso de zoom, pero como vimos necesitan de un programa específico de reconstrucción.

#### **1.6.7. Órbita:**

Usar una órbita de 360° (preferentemente elíptica o de autocontorno), modo paso y disparo (sin embargo, la adquisición continua puede utilizarse para acortar el tiempo de adquisición).

#### **1.6.8. Número de pasos y tiempo por proyección:**

Como mínimo deben emplearse 120 -128 pasos angulares, aunque para cámaras de un solo detector puede admitirse 60-64 pasos. El tiempo por paso varía entre 15 y 40 segundos, dependiendo de la tasa de conteo. El número total de cuentas del estudio no debería ser inferior a 5 millones.

### **1.7. PROCESAMIENTO**

#### **1.7.1. Método de reconstrucción:**

La reconstrucción por retroproyección filtrada es el método más utilizado. El filtrado debe incluir las tres dimensiones (x, y, z), lo cual se logra con un filtro bidimensional previo a la retroproyección o un filtro tridimensional después de la misma. La mayoría de los sistemas especifican estas opciones, aunque otros lo realizan en forma automática.

#### **1.7.2. Filtro de reconstrucción:**

Generalmente se usa un filtro rampa modificado por una función o “ventana” que admita el paso de bajas frecuencias (low-pass), p. ej. Butterworth; sin embargo, también se obtienen buenos resultados con los llamados filtros de “restauración” o de “recuperación de la resolución” como el Metz. De ser posible, se deben emplear fantasmas de SPECT cerebral para definir los parámetros de procesamiento apropiados.

#### **1.7.3. Métodos iterativos:**

Recientemente se ha introducido la posibilidad de reconstrucción por métodos iterativos, los cuales están implementados en la mayoría de los nuevos sistemas. Estos métodos presentan ciertas ventajas respecto a la retroproyección filtrada, por lo cual es aconsejable su aplicación una vez obtenida una adecuada familiarización con los mismos.

#### **1.7.4. Límites de reconstrucción y espesor de corte:**

Reconstruir el cerebro completo cuidando de no excluir el cerebelo o el vertex. Reconstruir los cortes con espesor de un píxel. En caso de realizarse suma de cortes, debe aplicarse después de la reconstrucción y la reorientación.

#### **1.7.5. Corrección de atenuación:**

Se recomienda realizar en todos los casos corrección de la atenuación mediante el método de Chang, con coeficiente de atenuación entre 0,10 a 0,11  $\text{cm}^{-1}$ . Debe utilizarse un contorno o elipse de corrección que se ajuste a la morfología del órgano incluyendo el cráneo y no sólo la corteza cerebral. Cuando fuera posible, la elipse debe definirse individualmente

para cada uno de los cortes transversales. El método de Chang requiere una cuidadosa calibración del tamaño de píxel.

#### **1.7.6. Reorientación:**

Obtener por lo menos tres planos ortogonales a partir del plano transversal; reorientar los cortes transversales en relación a un plano anatómico reproducible (p. ej. línea órbitomeatal), siendo los cortes coronales y sagitales perpendiculares al primero. Es conveniente obtener además cortes adicionales paralelos al eje mayor de los lóbulos temporales.

#### **1.7.7. Zoom post-reconstrucción:**

Opcionalmente, puede aplicarse un factor de ampliación (zoom) luego de la reconstrucción, para facilitar la visualización e interpretación de las imágenes.

#### **1.7.8. Operaciones opcionales:**

La reconstrucción tridimensional de volumen o superficie y los procedimientos de semicuantificación disponibles en el software de cada sistema pueden ser incluidos en el procesamiento.

#### **1.7.9. Presentación del estudio:**

La presentación del estudio debe incluir los cortes transversales, coronales y sagitales en su totalidad y en una misma pantalla (Anexo III, fig. 1). Se recomienda el uso de una escala de colores que resalte el contraste de las áreas patológicas, siendo importante el uso siempre de la misma escala. Sin embargo, la elección de la escala debe ser cuidadosa y en acuerdo entre todos los encargados de la interpretación del estudio. Se puede agregar al reporte las imágenes 3D y el resultado de la cuantificación. Si se dispusiera de métodos de fusión de imágenes anatómicas y funcionales, estos deberían utilizarse, pues facilitan la interpretación y la localización topográfica de las lesiones.

### **1.8. INTERPRETACIÓN**

#### **1.8.1. Observación en modo cine:**

Las imágenes del estudio sin procesar (proyecciones "crudas") deberán ser revisadas en modo cine antes de la generación de cortes tomográficos a fin de verificar si el estudio está completo y evaluar la presencia y grado de movimiento, alteraciones de la biodistribución, relación de actividad órgano / fondo y otras fuentes potenciales de artefactos. La generación y análisis de un sinograma y linograma puede ser también de utilidad.

#### **1.8.2. Variantes normales:**

Deben tomarse en cuenta las variaciones de la normalidad al interpretarse los hallazgos. Pueden existir variaciones significativas entre diferentes sujetos así como entre estudios realizados al mismo individuo en diferentes momentos. Cada servicio debe definir sus propios criterios de normalidad según los parámetros de adquisición y procesamiento empleados. Se sugiere crear una base de datos regional que se pueda aplicar como referencia para comparación usando métodos cuantitativos.

### **1.8.3. Visualización:**

La interpretación del estudio debe realizarse preferentemente en forma directa desde la pantalla de la computadora. No se recomienda sustracción de actividad de fondo.

### **1.8.4. Escalas de colores:**

Las escalas de colores no continuas, aunque suelen ser de utilidad cuando están apropiadamente calibradas, pueden producir confusión si ocurren cambios abruptos de colores en el rango de actividad de la sustancia gris. La aplicación de umbrales, en caso de utilizarse, debe ajustarse a la base de datos normales para cada radiofármaco y la instrumentación empleada en la adquisición. La aplicación incorrecta de umbrales puede generar artefactos.

### **1.8.5. Imágenes 3D:**

La presentación tridimensional de superficie puede ser útil para apreciar patrones patológicos corticales. La elección del umbral que se aplique al generar estas imágenes debe ser cuidadosa debido a la facilidad de crear defectos artificiales.

### **1.8.6. Comparación con la anatomía:**

Las imágenes deben ser evaluadas en el contexto de la información anatómica relevante proporcionada por métodos estructurales (TC, RMN). Debe prestarse especial atención a la extensión de los defectos de perfusión relacionándolos con las alteraciones morfológicas subyacentes (p. ej. penumbra isquémica vs. infarto) y también con los posibles efectos de atrofia cortical y efecto de volumen parcial. Si estuviese disponible, se recurrirá al procedimiento de "fusión de imágenes" que permite superponer cortes funcionales de SPECT o PET con TC o RMN.

### **1.8.7. Estudios ictales:**

En los casos de epilepsia las imágenes deben ser correlacionadas con los hallazgos del EEG y los datos clínicos relevantes. El tiempo exacto de la administración del trazador en relación al inicio del episodio ictal debe ser considerado, pues las características y extensión del foco pueden variar drásticamente dependiendo del momento de inyección. Para una evaluación óptima es deseable comparar el estudio ictal con el interictal aunque el primero es más confiable para localizar el foco.

## **1.9. INFORME O REPORTE DEL ESTUDIO**

### **1.9.1. Datos clínicos:**

Breve reseña de la historia y problema a resolver.

### **1.9.2. Técnica utilizada:**

Radiofármaco, dosis, condiciones y ruta de inyección, lapso entre inyección y adquisición, equipamiento, intervenciones farmacológicas, sedación, etc.

### **1.9.3. Comentarios**

Sobre alguna modificación eventual o situación imprevista, si la hubiese.

#### **1.9.4. Descripción:**

Presencia, localización, extensión y severidad de las alteraciones, así como su correlación con los hallazgos clínicos y morfológicos.

#### **1.9.5. Interpretación y conclusiones:**

Se procurará proporcionar al médico referente la mayor orientación diagnóstica posible, basándose en los hallazgos descritos y en los patrones generalmente aceptados para cada patología. Se debe tener en cuenta que existirán, en numerosas ocasiones, alteraciones en la perfusión inespecíficas que no pueden ser atribuidas a una causa o agente desencadenante determinado. Debe tenerse especial cuidado al correlacionar las anomalías de perfusión con los hallazgos clínicos. Cuando sea necesario, se informará de la inespecificidad de los hallazgos descritos, ej: "No se ha establecido una relación causa-efecto entre los hallazgos y los datos clínicos del paciente".

### **1.10. INTERVENCIONES**

#### **1.10.1. Estímulo vasodilatador con acetazolamida (Diamox) o equivalente.**

- a) Indicaciones: Evaluación de la reserva cerebrovascular en el accidente isquémico transitorio (AIT), infarto cerebral y otras alteraciones vasculares (p.ej. malformación arteriovenosa) y como ayuda para distinguir entre causas vasculares y no vasculares de la demencia.
- b) Contraindicaciones:
  - Hipersensibilidad conocida a las sulfas (rash cutáneo, broncoespasmo, reacción anafilactoide).
  - Infarto cerebral de menos de tres días de evolución o AIT reciente.
- c) Efectos adversos: vértigo, tinnitus, parestesias y raramente náuseas. Los síntomas suelen ser autolimitados y no requerir tratamiento específico. Los pacientes pueden experimentar hipotensión postural al incorporarse, por lo que deben ser oportunamente advertidos y asistidos en caso necesario.
- d) Precauciones: Puede inducir cefaleas en pacientes con historia de migraña.
- e) Se han utilizado varios protocolos, incluyendo dosis fraccionadas del radiofármaco en un solo día o estudios en días separados. El protocolo de dos días es más sencillo y por lo tanto puede ser preferible. Habitualmente el estudio bajo estímulo se realiza primero y si el resultado es normal, puede omitirse el segundo. En caso de ser necesario efectuar el estudio basal, debe esperarse un tiempo suficiente para disminuir la actividad residual (habitualmente 24 h).
- f) Dosis: Adultos 1.0 g por infusión endovenosa lenta, para un paciente promedio. Niños: 14 mg/kg.
- g) Esperar 15-20 minutos luego de la administración de acetazolamida para inyectar el radiotrazador.

- h) La acetazolamida posee efecto diurético, por tanto el paciente debería evacuar la vejiga inmediatamente antes de comenzar el estudio.
- i) Los parámetros de adquisición y procesamiento son idénticos que para el estudio sin estímulo.
- j) De preferencia, ambos estudios basal y con estímulo deben presentarse en forma simultánea para facilitar su interpretación.
- k) Un estudio positivo con estímulo vasodilatador mostrará una o más áreas de hipocaptación relativa que se normalizarán total o parcialmente en situación basal, indicando una alteración regional de la reserva cerebrovascular.

**1.10.2. Otras intervenciones.**

Existe una variedad de pruebas de sensibilización, entre ellas tests neuropsicológicos, pruebas de destreza mental, estímulos visuales, auditivos, etc. cuya descripción escapa al propósito de este grupo de recomendaciones ya que su aplicación no se encuentra estandarizada ni existe aún evidencia sólida de su utilidad en la práctica clínica.

**NOTAS**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## **2.- SPECT PARA EVALUACION DE TUMORES CEREBRALES**

### **2.1. PROPOSITO**

El propósito de este protocolo es ayudar a los centros de Medicina Nuclear con recomendaciones referentes a la indicación, preparación, realización, interpretación y reporte de los resultados de estudios para evaluación de tumores encefálicos con Talio<sup>201</sup> o Tc<sup>99m</sup>-Sestamibi.

### **2.2. INFORMACIÓN GENERAL**

Las investigaciones realizadas y los resultados publicados en la literatura apoyan el uso de Talio<sup>201</sup> o Tc<sup>99m</sup>-Sestamibi, con el propósito de evaluar tumores intracraneales.

### **2.3. INDICACIONES COMUNES**

**2.3.1.** Diagnóstico diferencial entre recidiva tumoral post-tratamiento y edema, fibrosis o necrosis.

**2.3.2.** Otras indicaciones menos frecuentes incluyen: evaluación de la respuesta tumoral al tratamiento, diagnóstico diferencial de lesiones tumorales intracraneales especialmente con procesos inflamatorios en pacientes inmunosuprimidos y elección del sitio para biopsia estereotáxica en procesos tumorales infiltrantes o que contienen zonas necróticas.

### **2.4. PROCEDIMIENTOS PRE-ADQUISICIÓN**

#### **2.4.1. Preparación del paciente:**

- a) No son necesarias recomendaciones especiales para el paciente. No es aconsejable que el estudio se realice en el período post-operatorio inmediato, siendo en cambio recomendable una espera mínima de algunas semanas.
- b) Pre-inyección: Explicar al paciente el procedimiento.
- c) Si es necesaria la sedación, debe administrarse momentos antes de iniciar la adquisición del estudio y minimizar su lapso de acción.

#### **2.4.2. Información pertinente a la realización del procedimiento:**

- a) Para una apropiada interpretación del estudio es esencial contar con una historia clínica lo más completa posible y considerar los hallazgos proporcionados por otras modalidades imagenológicas.
- b) Específicamente, debe conocerse el tratamiento instituido, ya sea radioterapia, quimioterapia ó cirugía, o una combinación de éstas, así como el tiempo transcurrido desde su instauración hasta el estudio actual.
- c) Si existiese un estudio previo similar, éste debería encontrarse disponible para su comparación con los hallazgos actuales.

## **2.5. RADIOFÁRMACOS Y DOSIS:**

### **2.5.1. Radiofármaco:**

- a) Talio<sup>201</sup> en dosis de 111-148 MBq (3-4 mCi) para adultos, inyectado por vía intravenosa. En los niños se usa una dosis de 1,48 a 1,85 MBq/kg (0,04 a 0,05 mCi/kg), con una dosis mínima de 37 MBq (1 mCi), ó bien ajustando la dosis pediátrica de acuerdo a la superficie corporal (ver Anexo II).
- b) Tc<sup>99m</sup>-Sestamibi en una dosis para adultos de 740 a 1110 Mbq (20 a 30 mCi) inyectado por vía intravenosa. La dosis pediátrica es de 7,4 a 11,1 Mbq/kg (0,2 a 0,3 mCi/kg), que se puede ajustar de acuerdo a las recomendaciones mencionadas anteriormente.
- c) Se recomienda el uso de Tc<sup>99m</sup>-Sestamibi en pacientes pediátricos debido a sus características físicas más adecuadas, que permiten inyectar una dosis mayor con menor irradiación y además obtener imágenes de mejor calidad diagnóstica. En la evaluación de lesiones de localización paraventricular, se prefiere el Talio<sup>201</sup> debido a los problemas de interpretación que puede generar la captación de Tc<sup>99m</sup>-Sestamibi en los plexos coroideos y la hipófisis.

**2.5.2. Dosimetría:** ver Anexo II.

### **2.5.3. Lapso inyección - adquisición:**

La adquisición se puede iniciar en cualquier momento después de 15 minutos de inyectado el radiofármaco. En caso que el estudio tenga como objetivo la identificación de tejido tumoral viable, se requieren imágenes tardías 2 a 4 horas después de la inyección del radiofármaco. Los diferentes centros pueden utilizar imágenes precoces con tiempos derivados de su propia experiencia, pero las imágenes tardías son siempre absolutamente esenciales.

### **2.5.4. Control de calidad:**

Se determinará la pureza radioquímica del radiofármaco antes de la inyección, según las instrucciones del fabricante.

## **2.6. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES:**

### **2.6.1. Cámara:**

Es preferible utilizar sistemas SPECT multi cabezales, para acortar el tiempo de la exploración y eventualmente mejorar la densidad de cuentas, lo cual influye en la resolución espacial. Sin embargo, pueden usarse sistemas de un solo cabezal con igual confiabilidad.

### **2.6.2. Colimador:**

Se puede utilizar el colimador de propósito general para cualquiera de ambos radiofármacos, aunque es preferible el colimador de alta resolución para estudios con Tc<sup>99m</sup>-sestamibi.



### **2.6.3. Posicionamiento del paciente:**

Se debe colocar al paciente de manera confortable, recomendándole la evacuación vesical antes de ubicarse en la camilla. Se debe fijar firmemente la cabeza del paciente, aunque en forma cómoda, facilitando la cooperación y minimizando el movimiento durante la adquisición.

### **2.6.4. Radio de rotación:**

Utilice el radio de rotación más pequeño posible, salvaguardando la seguridad del paciente. El radio no debería exceder los 15 cm.

### **2.6.5. Matriz y zoom:**

Una matriz de 64 x 64 es por lo general suficiente para obtener la resolución requerida. Utilice zoom, el cual puede ser variable para cada tipo de cámara, de manera que el cerebro quede comprendido en una zona del campo de visión de aproximadamente 25 cm de lado, centrado en la porción inferior del mismo.

### **2.6.6. Órbita:**

Adquirir en órbita de 360° (óptimamente elíptica o de autocontorno), modo paso y disparo (puede utilizarse la adquisición continua para acortar el tiempo de adquisición).

### **2.6.7. Número de pasos y tiempo por proyección:**

Como mínimo deben emplearse 60-64 pasos angulares. El tiempo recomendado de adquisición por proyección es de 40 segundos para el Talio<sup>201</sup> y al menos de 20 segundos para el Tc<sup>99m</sup>-sestamibi.

## **2.7. PROCESAMIENTO**

### **2.7.1. Método de reconstrucción:**

La reconstrucción de las imágenes tomográficas por retroproyección filtrada es el método más utilizado. El filtrado debe incluir las tres dimensiones (x, y, z), lo cual puede lograrse con un filtro bidimensional previo a la retroproyección o un filtro tridimensional después de la misma.

### **2.7.2. Filtro de reconstrucción:**

Generalmente se usa un filtro rampa modificado por una función o “ventana” que admita el paso de bajas frecuencias (low-pass), p. ej. Butterworth.

### **2.7.3. Métodos iterativos:**

Recientemente se ha introducido la posibilidad de reconstrucción por métodos iterativos, los cuales están implementados en la mayoría de los nuevos sistemas. Estos métodos presentan ciertas ventajas respecto a la retroproyección filtrada, por lo cual es aconsejable su aplicación una vez obtenida una adecuada familiarización con los mismos.

### **2.7.4. Límites de reconstrucción y espesor de corte:**

Reconstruir el cerebro completo cuidando de no excluir el cerebelo o el vertex. Reconstruir los cortes con espesor de un pixel. En caso de realizarse suma de cortes, debe hacerse después de la reconstrucción y la reorientación.

### **2.7.5. Corrección de atenuación:**

Se recomienda realizar en todos los casos corrección de la atenuación mediante el método de Chang, con coeficiente de atenuación entre 0,10 y 0,11  $\text{cm}^{-1}$ . Debe utilizarse un contorno o elipse de corrección que se ajuste a la morfología del cerebro incluyendo el cráneo. Cuando fuera posible, la elipse debe definirse individualmente para cada uno de los cortes transversales. El método de Chang requiere una cuidadosa calibración del tamaño de píxel.

### **2.7.6. Reorientación:**

Obtener por lo menos tres planos ortogonales a partir del plano transversal; reorientar los cortes transversales en relación a un plano anatómico reproducible (p. ej. línea órbitomeatal), siendo los cortes coronales y sagitales perpendiculares al primero.

### **2.7.7. Zoom post-reconstrucción:**

Opcionalmente, puede aplicarse una ampliación (zoom) luego de la reconstrucción, para facilitar la visualización e interpretación de las imágenes.

### **2.7.8. Operaciones opcionales:**

- a) La reconstrucción tridimensional de volumen o superficie y los procedimientos de semicuantificación disponibles en el software de cada sistema pueden ser incluidos en el procesamiento.
- b) Es recomendable el cálculo de *cocientes lesión /fondo*, para lo cual cada centro debería desarrollar su propia técnica ya sea utilizando el píxel de máximas cuentas o bien el promedio de cuentas por píxel. Es esencial dibujar la región de interés por dentro del borde exterior de la lesión. En el caso de lesiones que presentan zonas de necrosis, éstas se deben evitar a fin de que la región de interés sólo englobe las zonas de máxima captación. El índice o cociente lesión /fondo presenta su mayor utilidad clínica cuando se emplea como parámetro de seguimiento evolutivo.

### **2.7.9. Presentación del estudio:**

- a) La presentación del estudio debe incluir los cortes transversales, coronales y sagitales en su totalidad y en una misma pantalla. Se puede acompañar de imágenes 3D y reporte de cuantificación.
- b) Si se dispusiera de métodos de fusión de imágenes anatómicas y funcionales, estos deberían utilizarse, pues facilitan la interpretación y la localización topográfica de las lesiones.

## **2.8. INTERPRETACIÓN**

- 2.8.1.** La interpretación de este tipo de estudio debe ser realizada en conjunto con la información clínica del paciente y disponiendo de otros estudios imagenológicos (TC, RM).

- 2.8.2.** La confiabilidad del método es mayor para lesiones sólidas y voluminosas según su presentación en TC y RM, que para lesiones pequeñas y/o necróticas.
- 2.8.3.** La interpretación de lesiones de pequeño tamaño en la región paraventricular puede ser dificultosa, especialmente con Tc<sup>99m</sup>-sestamibi debido a la captación fisiológica en plexos coroideos. Similar situación se crea al interpretar lesiones localizadas cerca de la calota, la porción petrosa del hueso temporal, la lámina cribiforme en la base de la fosa anterior, y en la región de las órbitas.
- 2.8.4.** Al interpretar el estudio se debe tener presente que algunas lesiones benignas tales como tuberculosis, histiocitosis, sarcoidosis y abscesos cerebrales pueden ser tan hipercaptantes como los tumores de alto grado. No es el propósito de este estudio evitar la biopsia de lesiones intracraneales. Debe tenerse presente además, que los gliomas de bajo grado pueden no captar el radiofármaco y por consiguiente ser causa de falsos negativos.
- 2.8.5.** En los estudios postoperatorios, debe considerarse el tiempo transcurrido entre la cirugía y la realización del examen, ya que existen falsos positivos en el período postoperatorio inmediato. Esto varía de acuerdo al tamaño de la lesión primaria, su localización y la existencia de complicaciones. Las características de la zona de captación anormal y la comparación entre imágenes precoces y tardías puede ayudar al diagnóstico diferencial.
- 2.8.6.** En los estudios de seguimiento, lesiones que después del tratamiento se han mantenido negativas por varios meses y se vuelven captantes (incluso débilmente), particularmente en las imágenes tardías, pueden representar una recurrencia. En caso de duda se sugiere un nuevo estudio de control algunas semanas después, el cual podría mostrar la evolutividad de la lesión. Un estudio negativo realizado inmediatamente después del tratamiento no indica necesariamente la erradicación del tumor y sólo refleja una buena respuesta a la terapia, aunque sin excluir la enfermedad residual microscópica.
- 2.8.7.** Si el estudio se realiza con el propósito de diferenciar entre linfoma y toxoplasmosis en pacientes inmunosuprimidos, debe tenerse en cuenta que el tratamiento reciente de esta parasitosis puede ser causa de falsos positivos. Otro problema es que estos pacientes pueden presentar más de una complicación simultáneamente.

## **2.9. INFORME O REPORTE DEL ESTUDIO**

- 2.9.1.** El informe debe incluir el radiofármaco utilizado, la dosis, la vía de inyección, el período de espera, la historia clínica y las razones por las cuales fue referido el paciente para su estudio. Se debe mencionar si se utilizó sedación.
- 2.9.2.** Se deben incluir los hallazgos de otras modalidades imagenológicas y la correlación de éstas con el procedimiento de Medicina Nuclear.
- 2.9.3.** Se debe describir la intensidad de la captación graduándola como baja, moderada ó alta, su tamaño y su topografía tan exactamente como sea



### **3.- SPECT PARA EVALUACION DE PARKINSONISMO CON Tc<sup>99m</sup>-TRODAT**

#### **3.1. PROPOSITO**

El propósito de este protocolo es ayudar a los centros de Medicina Nuclear con recomendaciones referentes a la indicación, preparación, realización, interpretación y reporte de los resultados de estudios para evaluación de pacientes con enfermedad de Parkinson sospechada o conocida, mediante radiofármacos capaces de estudiar el sistema dopaminérgico.

#### **3.2. INFORMACIÓN GENERAL**

El diagnóstico de enfermedad de Parkinson se basa en la clínica y puede ser incorrecto sobre todo en sus etapas iniciales al momento de su presentación. El Tc<sup>99m</sup>-TRODAT es un radiofármaco que se liga a los transportadores cerebrales de dopamina y se usa para obtener imágenes del sistema dopaminérgico, alterado en la enfermedad de Parkinson.

#### **3.3. INDICACIONES COMUNES**

- 3.3.1.** Apoyo al diagnóstico clínico positivo de enfermedad de Parkinson.
- 3.3.2.** Evaluación de severidad de la enfermedad.
- 3.3.3.** Seguimiento evolutivo de la enfermedad.

#### **3.4. PROCEDIMIENTOS PRE-ADQUISICIÓN**

##### **3.4.1. Preparación del paciente:**

- a) No es necesario que el paciente se encuentre en ayunas.
- b) La medicación específica (L-dopa) debe ser suspendida al menos 24 horas antes.
- c) Pre-inyección: Explicar al paciente el procedimiento.

##### **3.4.2. Información pertinente a la realización del procedimiento:**

- a) Para una apropiada interpretación del estudio es esencial contar con una historia clínica lo más completa posible y considerar los hallazgos proporcionados por otras modalidades imagenológicas.
- b) Específicamente, debe conocerse la presencia de síntomas como temblor de reposo, aquinesia y rigidez, su lateralización predominante, la respuesta a la medicación, el tiempo de evolución del cuadro y los resultados de las escalas de severidad (HYS, UPDRS).
- c) Si existiese un estudio previo similar, éste debería encontrarse disponible para su comparación con los hallazgos actuales.

### **3.5. RADIOFÁRMACO Y DOSIS:**

**3.5.1. Radiofármaco:** Tc<sup>99m</sup>-TRODAT-1.

**3.5.2. Dosis:** 740-925 MBq (20-25 mCi) por vía intravenosa directa, volumen aproximado de 2 ml.

**3.5.3. Dosimetría:** no disponible.

**3.5.4. Lاپso inyección - adquisición:**

La adquisición se debe iniciar entre las 3 y 4 horas después de inyectado el radiofármaco.

**3.5.5. Control de calidad:**

Se determinará la pureza radioquímica del radiofármaco antes de la inyección, según las instrucciones del fabricante.

### **3.6. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES:**

**3.6.1. Cámara:**

Es preferible utilizar sistemas SPECT multi cabezales, para acortar el tiempo de la exploración y eventualmente mejorar la densidad de información y por tanto la resolución. Sin embargo, pueden usarse sistemas de un solo cabezal con similar grado de confiabilidad.

**3.6.2. Colimador:**

Alta resolución, baja energía. El colimador de mayor resolución disponible será el de elección.

**3.6.3. Posicionamiento del paciente:**

Se debe colocar al paciente de manera confortable, recomendándole la evacuación vesical antes de ubicarse en la camilla. Se debe fijar firmemente y cómodamente la cabeza del paciente, de preferencia mediante accesorios especiales para imagen cerebral, minimizando la posibilidad de movimiento durante la adquisición.

**3.6.4. Radio de rotación:**

Utilizar el menor radio de rotación posible, salvaguardando la seguridad del paciente.

**3.6.5. Matriz y zoom:**

Utilizar matriz de 128x128 ó 64 x 64 con zoom para obtener la resolución requerida. El factor de magnificación puede ser variable para cada tipo de cámara, de manera que el cerebro quede comprendido en una zona del campo de visión de aproximadamente 25 cm de lado, centrado en la porción inferior del mismo.

**3.6.6. Órbita:**

Adquirir en órbita de 360° (preferentemente elíptica o de autocontorno), modo paso y disparo.

### **3.6.7. Número de pasos y tiempo por proyección:**

Pueden emplearse 60-64 a 120-128 pasos angulares (en cámaras de 2 cabezales, la mitad de pasos por cada detector). El tiempo recomendado de adquisición por proyección es de 40 segundos para un total de 60-64 pasos angulares y de 20 segundos para 120-128 pasos angulares, dando un tiempo total de adquisición de unos 40-45 minutos.

## **3.7. PROCESAMIENTO**

### **3.7.1. Método de reconstrucción:**

La reconstrucción de las imágenes tomográficas por retroproyección filtrada es el método más utilizado. El filtrado debe incluir las tres dimensiones (x, y, z), lo cual puede lograrse con un filtro bidimensional previo a la retroproyección o un filtro tridimensional después de la misma.

### **3.7.2. Filtro de reconstrucción:**

Generalmente se usa un filtro rampa modificado por una función o “ventana” que admita el paso de bajas frecuencias (low-pass), p. ej. Butterworth orden 10, frecuencia de corte 0.5 Nyquist; sin embargo, también se obtienen buenos resultados con los llamados filtros de “restauración” o de “recuperación de la resolución” como el Metz.

### **3.7.3. Métodos iterativos:**

Se ha introducido la posibilidad de reconstrucción por métodos iterativos, los cuales están implementados en la mayoría de los nuevos sistemas. Estos métodos presentan ciertas ventajas respecto a la retroproyección filtrada, por lo cual es aconsejable su aplicación una vez obtenida una adecuada familiarización con los mismos.

### **3.7.4. Límites de reconstrucción y espesor de corte:**

Reconstruir el cerebro completo cuidando de no excluir el cerebelo. Reconstruir los cortes con espesor de un píxel. En caso de realizarse suma de cortes, debe hacerse después de la reconstrucción y la reorientación.

### **3.7.5. Corrección de atenuación:**

Se recomienda realizar en todos los casos corrección de la atenuación mediante el método de Chang, con coeficiente de atenuación entre 0,09 y 0,12  $\text{cm}^{-1}$ . Debe utilizarse un contorno o elipse de corrección que se ajuste a la morfología del cerebro incluyendo el cráneo. Cuando fuera posible, la elipse debe definirse individualmente para cada uno de los cortes transversales. El método de Chang requiere una cuidadosa calibración del tamaño de píxel.

### **3.7.6. Reorientación:**

Obtener por lo menos tres planos ortogonales a partir del plano transversal; reorientar los cortes transversales en relación a un plano anatómico reproducible (p. ej. línea órbitomeatal), siendo los cortes coronales y sagitales perpendiculares al primero.

### **3.7.7. Zoom post-reconstrucción:**

Opcionalmente, puede aplicarse una magnificación (zoom) luego de la reconstrucción, para facilitar la visualización e interpretación de las imágenes.

### **3.7.8. Cuantificación:**

Es recomendable la cuantificación colocando regiones de interés sobre el estriado (caudado y putamen). También deben colocarse regiones de interés similares (o normalizar el cálculo) sobre otras zonas representativas de captación inespecífica. Estas zonas pueden ser: regiones frontal, parietal, occipital o cerebelo. Se calcula así la relación de captación específica/inespecífica: (cuentas por píxel del área específica – cuentas por píxel del área inespecífica) / (cuentas por píxel del área inespecífica). El valor normal medio reportado es de  $1,46 \pm 0,23$ .

### **3.7.9. Presentación del estudio:**

- a) La presentación del estudio debe incluir los cortes transversales, coronales y sagitales en su totalidad y en una misma pantalla. Deben sumarse tres cortes transaxiales sucesivos, siendo el central aquél que demuestre mayor concentración del radiotrazador en las estructuras ganglio basales.
- b) Los valores cuantitativos deben ser incluidos.
- c) Si se dispusiera de métodos de fusión de imágenes anatómicas y funcionales, estos deberían utilizarse, pues facilitan la interpretación y la localización topográfica de las estructuras.

## **3.8. INTERPRETACIÓN**

**3.8.1.** La interpretación de este tipo de estudio debe ser realizada en conjunto con la información clínica del paciente.

**3.8.2.** Debe estarse familiarizado con la biodistribución normal; ésta implica la visualización específica de las estructuras estriadas (núcleos caudados y putamen), en forma simétrica y con una señal de fondo de bajo nivel e irregular en el resto del cerebro, indicando captación no específica.

**3.8.3.** En pacientes con enfermedad de Parkinson, la captación específica en el estriado está disminuida, en forma proporcional a la severidad del cuadro. La mayor reducción se detecta en el putamen y particularmente en su sector más posterior. La captación global en general está reducida bilateralmente, pero es mayor en el lado contralateral a los síntomas predominantes (si el miembro más afectado es derecho, la captación será menor a izquierda).

## **3.9. INFORME O REPORTE DEL ESTUDIO**

**3.9.1.** El informe debe incluir el radiofármaco utilizado, la dosis, la vía de inyección, el período de espera, la historia clínica y las razones por las cuales fue referido el paciente para su estudio.



- 3.9.2.** Se deben incluir los hallazgos de otros estudios, ya sea neuropsicológicos o imagenológicos y la correlación de éstos con el procedimiento de Medicina Nuclear.
- 3.9.3.** Se debe describir la intensidad de la captación graduándola como baja, moderada ó alta, los resultados de la cuantificación realizada y los valores normales disponibles en la literatura u obtenidos en la propia institución. Debe describirse la fórmula utilizada para el análisis cuantitativo.
- 3.9.4.** En caso de que existan estudios previos, deberá incluirse un análisis comparativo.
- 3.9.5.** La conclusión debe responder al interrogante clínico del médico remitente y debe reflejar el nivel de seguridad de lo consignado en el reporte, el establecimiento de un diagnóstico diferencial y las recomendaciones que correspondan.

**NOTAS**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## **4.- SPECT DE PERFUSIÓN MIOCÁRDICA**

### **4.1. INFORMACIÓN GENERAL**

Los estudios de perfusión miocárdica utilizan trazadores radioactivos administrados por vía intravenosa con el fin de evaluar el flujo sanguíneo regional del miocardio. Las imágenes de perfusión son adquiridas en condiciones de reposo, esfuerzo ergométrico o bajo estimulación farmacológica usando drogas vasodilatadoras o inotrópicas.

### **4.2. PRINCIPALES INDICACIONES CLÍNICAS**

- 4.2.1.** Diagnóstico de enfermedad coronaria.
- 4.2.2.** Valoración de la repercusión funcional de lesiones coronarias conocidas.
- 4.2.3.** Estratificación de riesgo en pacientes post infarto agudo del miocardio, antes de cirugía no cardíaca, o con enfermedad coronaria crónica.
- 4.2.4.** Seguimiento de los efectos del tratamiento médico o de la revascularización coronaria.
- 4.2.5.** Evaluación de la viabilidad miocárdica.
- 4.2.6.** Evaluación de síndromes coronarios agudos.

### **4.3. CONDICIONES GENERALES DE PREPARACIÓN**

- 4.3.1.** Debe informarse al paciente sobre el procedimiento, obteniéndose consentimiento escrito en las instituciones que así lo dispongan.
- 4.3.2.** El paciente debe concurrir con un ayuno mínimo de 4 horas. En el caso de pacientes diabéticos insulino-dependientes, debe compatibilizarse el ayuno requerido con su esquema de tratamiento.
- 4.3.3.** No ingerir xantinas, café, té, chocolate, yerba mate, ni bebidas que contengan cola en las 24 horas previas al estudio. Esta indicación se recomienda para el caso que el paciente no sea candidato adecuado para ejercicio físico y amerite un protocolo de estrés farmacológico con vasodilatadores.
- 4.3.4.** La eventual suspensión de medicamentos que puedan interferir con los resultados de la prueba, debe concertarse con el médico remitente.
- 4.3.5.** Todo procedimiento debe estar permanentemente supervisado por personal con entrenamiento en resucitación cardiopulmonar y teniendo disponibles los insumos y equipos necesarios para la atención de eventuales emergencias. Durante el estrés físico o farmacológico, debe controlarse la frecuencia cardíaca y la tensión arterial y se debe llevar un registro electrocardiográfico continuo. Es importante interrogar frecuentemente al paciente sobre la presencia de síntomas y examinarlo en búsqueda de signos de isquemia o disfunción ventricular.

#### **4.4. ESTUDIOS DE ESFUERZO (EN BANDA O BICICLETA ERGOMÉTRICA)**

Se considera el método ideal de estrés por ser un estímulo fisiológico y porque aporta información sobre la capacidad funcional del paciente. Su objetivo es alcanzar al menos el 85% de la frecuencia cardíaca máxima teórica.

##### **4.4.1. Contraindicaciones:**

- a) Incapacidad física para realizar la prueba de esfuerzo.
- b) Infarto de miocardio reciente, complicado.
- c) Angina inestable.
- d) Hipertensión arterial severa.
- e) Hipertensión pulmonar.
- f) Arritmias graves.
- g) Insuficiencia cardíaca descompensada.
- h) Bloqueo aurículo-ventricular de 2º ó 3er grado (sin marcapasos).
- i) Miocarditis aguda.
- j) Pericarditis aguda.
- k) Estenosis aórtica o mitral severa.
- l) Cardiomiopatía hipertrófica u obstructiva severa.

##### **4.4.2. Preparación:**

- a) Cumplir con las “Condiciones Generales de Preparación” (ver más arriba).
- b) Plazos mínimos sugeridos para la suspensión autorizada de los siguientes medicamentos:
  - Betabloqueantes, 48 horas
  - Antagonistas del calcio, 24 horas
  - Nitratos, 24 horas
- c) El paciente debe vestir ropa cómoda, apropiada para la prueba.

#### **4.5. ESTUDIOS BAJO ESTÍMULO FARMACOLÓGICO**

Los compuestos empleados para efectuar estrés farmacológico y evaluar la perfusión miocárdica son los vasodilatadores (dipiridamol y adenosina), y los inotrópicos (dobutamina). Las indicaciones son:

- Pacientes con incapacidad para realizar una prueba de esfuerzo efectiva, cualquiera sea el motivo.
- Pacientes que no alcancen criterios de suficiencia durante la prueba de esfuerzo.
- El dipiridamol se considera de elección en pacientes con bloqueo completo de rama izquierda.

#### 4.5.1. Agentes vasodilatadores:

##### a) Generalidades

- Se utilizan para producir vasodilatación coronaria máxima. Consiguen producir desbalance de flujo en presencia de estenosis coronaria.
- El dipiridamol inhibe la recaptación celular de la adenosina endógena produciendo un incremento en sus niveles plasmáticos, permitiendo la generación de un importante efecto vasodilatador no selectivo.
- La adenosina es un potente vasodilatador coronario directo, con una vida media biológica muy corta (segundos) y menor que el dipiridamol, que es compleja y posee 3 pendientes (de varios minutos y hasta horas). Su administración también ocasiona un aumento en el flujo coronario que puede ser cuatro veces superior al de reposo y a menudo supera el obtenido durante el máximo ejercicio.
- El dolor precordial que a veces provocan el dipiridamol o la adenosina, no necesariamente representa una respuesta isquémica sino que puede deberse a estimulación directa de los receptores de dolor. Por tanto, debe considerarse un síntoma inespecífico.

##### b) Contraindicaciones de los vasodilatadores

- Broncoespasmo.
- Asma severa o asociada con hipertensión pulmonar.
- Hipotensión (PA sistólica menor de 90 mmHg).
- Hipersensibilidad al dipiridamol o a la adenosina.
- Pacientes que requieran medicación continua con xantinas.
- Bloqueo A-V de 2º ó 3er grado (sin marcapasos).
- Infarto de miocardio reciente, complicado.
- Angina inestable.
- Estenosis aórtica severa.
- Miocardiopatía hipertrófica u obstructiva severa.
- Hipotensión ortostática severa.

##### c) Efectos secundarios

- Dolor torácico o angina de pecho.
- Mareo.
- Cefalea.
- Trastornos electrocardiográficos: bloqueo A-V (más común para el caso de la adenosina), trastornos de la repolarización.

- Enrojecimiento facial.
- Náuseas y vómitos.
- Dolor abdominal.
- Broncoespasmo.
- Hipotensión severa.
- Malestar general inespecífico.
- Protocolo de infusión de dipiridamol
- Preparación específica: suspender xantinas y dipiridamol oral.
- Administrar 0,56 mg/kg por vía intravenosa durante 4 minutos. Se puede utilizar una bomba de infusión o en su defecto un goteo continuo o una inyección lenta con la droga diluida, por ejemplo, en 8 ml de suero fisiológico, a razón de 2 ml/min.
- Puede realizarse una segunda infusión, iniciándose 2 min después de finalizada la primera, empleando la mitad de la dosis (0,28 mg/kg) durante 2 min adicionales.
- Administrar el radiotrazador 2 a 4 min después de finalizada la infusión de dipiridamol.
- Inyectar 50-100 mg de aminofilina IV durante 30 seg en aquellos pacientes que desarrollen síntomas o signos adversos significativos, intentando hacerlo después de la administración del radiofármaco. Si aparecen síntomas o signos severos, el radiofármaco deberá inyectarse inmediatamente, esperando 1 min antes de administrar la aminofilina. Sin embargo, si la severidad del cuadro lo justifica, se inyectará la aminofilina inmediatamente y se procederá a proporcionar las demás medidas de emergencia necesarias. Pueden incluso utilizarse hasta 300 mg de aminofilina en forma de bolo.
- Algunos centros aplican la aminofilina de manera rutinaria al finalizar la prueba, asegurándose así que el efecto del dipiridamol ha sido contrarrestado.
- Tomar en cuenta que la vida media plasmática de la aminofilina es significativamente más corta que la del dipiridamol. Por tanto, es posible que algunos pacientes con efectos colaterales manifiesten síntomas nuevamente transcurrido un lapso luego de la dosis de aminofilina, requiriendo infusiones adicionales de la misma.
- Protocolo de infusión de adenosina
- Preparación específica: suspender xantinas y dipiridamol oral.
- Administrar 140  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  durante 6 minutos, empleando una bomba de infusión.
- Inyectar el radiotrazador después de 3 min de cesada la infusión de adenosina, a través de una llave de tres vías.
- En los pacientes de alto riesgo se recomienda emplear una infusión graduada iniciando con una dosis de 50  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  durante un

minuto, seguida por un incremento de 75, 100 y 140  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  por cada minuto consecutivo. Inyectar el radiotrazador utilizando la llave de tres vías.

- Después de inyectar el radiofármaco, se continúa el goteo de adenosina a razón de 140  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  durante tres minutos adicionales.
- No es necesaria la administración de aminofilina dada la corta vida media de la adenosina, revirtiendo sus efectos al cesar la infusión. Pueden y deben emplearse otras medidas conducentes a neutralizar los efectos adversos (nitratos, antiarrítmicos, etc.).

#### 4.5.2. Agentes inotrópicos:

##### a) Generalidades:

El más empleado es la dobutamina, una amina simpaticomimética sintética. Produce incremento del doble producto (frecuencia cardíaca x tensión arterial), del volumen de eyección y del gasto cardíaco, con aumento del consumo miocárdico de oxígeno. El resultado es un incremento del flujo coronario de aproximadamente 2 a 3 veces respecto al reposo. La dobutamina tiene una vida media biológica en plasma de dos minutos. También se han utilizado otros agentes inotrópicos como la arbutamina, pero su aplicación ha sido menos investigada y los protocolos no están universalmente estandarizados.

##### b) Indicaciones:

Su empleo se reserva para casos que requieran estrés farmacológico y no se pueda emplear dipiridamol o adenosina.

##### c) Contraindicaciones para el uso de inotrópicos:

- Taquicardia ventricular.
- Bloqueo A-V de segundo o tercer grado.
- Fibrilación auricular con respuesta ventricular rápida.
- Extrasístoles ventriculares frecuentes o complejas.
- Angina inestable.
- Miocardiopatía obstructiva o hipertrófica.
- Infarto agudo de miocardio.
- Hipertensión arterial severa (PA sistólica  $>180$  mmHg, diastólica  $>120$  mmHg).

##### d) Efectos secundarios:

- Dolor torácico.
- Disnea.
- Náuseas y vómitos.
- Cefaleas.
- Arritmias ventriculares o supraventriculares.

- Palpitaciones.
  - Hipotensión o hipertensión arterial.
  - Cambios electrocardiográficos.
- e) Protocolo de infusión de dobutamina:
- Preparación específica: suspender betabloqueantes durante 48 horas previas.
  - Administrar la droga iniciando el goteo a 5  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  por bomba de infusión y aumentándolo a 10, 20, 30 y 40  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  cada 3 minutos.
  - Cuando no se alcance un adecuado incremento de la frecuencia cardíaca, se puede administrar 1 mg de atropina por vía s/c, manteniendo la infusión de dobutamina a 40  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  durante 3 minutos adicionales.
  - En pacientes inestables se recomienda que los incrementos en la dosis de infusión sean de 5  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  cada 3 minutos.
  - Siempre debe realizarse control continuo de la frecuencia cardíaca y del trazado electrocardiográfico.
  - Administrar el radiotrazador cuando se alcance la frecuencia cardíaca máxima (o al menos el 85%) según las tablas ajustadas por edad y sexo, continuando la infusión de dobutamina por 2 minutos adicionales.
  - Los efectos secundarios de la dobutamina pueden revertirse cesando la infusión y empleando un agente betabloqueante de acción rápida.
  - Controlar los signos vitales hasta al menos 5 min después de finalizada la infusión.

## 4.6. RADIOFÁRMACOS Y DOSIS

### 4.6.1. Talio 201:

- a) Es un catión análogo del potasio que ingresa a la célula principalmente por transporte activo a través de la bomba sodio-potasio-ATPasa. Posee redistribución miocárdica, por lo cual es posible el estudio de estrés y reposo mediante una sola dosis inyectada.
- b) Dosis: depende del protocolo (ver más abajo).
- c) Vía de administración: endovenosa.
- d) Dosimetría ( $\text{Tl}^{201}$ ): ver Anexo II.

### 4.6.2. Fármacos marcados con $\text{Tc}^{99\text{m}}$ (Sestamibi, Tetrofosmina):

- a) Son cationes lipofílicos que ingresan a la célula principalmente por difusión pasiva, en proporción al flujo sanguíneo coronario, fijándose dentro de la célula al componente mitocondrial. No poseen

redistribución miocárdica significativa, por lo cual es necesario inyecciones separadas en estrés y reposo.

- b) Dosis: depende del protocolo (ver más abajo).
- c) Vía de administración: endovenosa.
- d) Dosimetría (Tc<sup>99m</sup>-Sestamibi): ver Anexo II.

#### **4.7. PRINCIPALES PROTOCOLOS DE PERFUSIÓN MIOCÁRDICA.**

##### **4.7.1. Para investigación de isquemia miocárdica:**

- a) Tl<sup>201</sup> estrés-redistribución.
- b) Tc<sup>99m</sup>-Sestamibi reposo-estrés o estrés-reposo.
- c) Protocolos combinados Tl<sup>201</sup> /Tc<sup>99m</sup>.

##### **4.7.2. Para detección de viabilidad miocárdica:**

- a) Tl<sup>201</sup> reposo-redistribución. (\*)
- b) Tl<sup>201</sup> estrés-reinyección.
- c) Tl<sup>201</sup> estrés- redistribución tardía.
- d) Tc<sup>99m</sup>-Sestamibi estrés y en reposo post nitratos.
- e) Tc<sup>99m</sup>-Sestamibi en reposo y en reposo post nitratos. (\*)
- f) Tl<sup>201</sup> reposo o Tc<sup>99m</sup>-Sestamibi estrés.
- g) Tl<sup>201</sup> redistribución, Tc<sup>99m</sup>-Sestamibi estrés.
- h) Estudio de positrones con F<sup>18</sup>-FDG SPECT. (\*)

(\*) *Sólo sirven para detección de viabilidad miocárdica (no de isquemia). Están indicados cuando sea arriesgado provocar isquemia o cuando interese exclusivamente la investigación de viabilidad.*

#### **4.8. DESCRIPCIÓN DE LOS PROTOCOLOS.**

##### **4.8.1. Tc<sup>99m</sup>-Sestamibi reposo // estrés (o) estrés // reposo:**

Existen protocolos de uno y dos días. Este último es ideal dado que permite usar dosis altas y similares en ambas fases. En los protocolos de un día se recomienda iniciar con el reposo a dosis bajas (296-370 MBq; 8-10 mCi) y terminar con el estrés a dosis altas (925-1110 MBq; 25-30 mCi). En casos en que logísticamente convenga comenzar con el estrés, la dosis inicial igualmente debe ser la más baja. El tiempo entre la inyección y la adquisición de imágenes oscila entre 30 y 60 minutos. El intervalo mínimo entre ambas inyecciones debe ser de 3 horas.

##### **4.8.2. Tl<sup>201</sup> reposo // redistribución:**

Es un protocolo que no detecta isquemia inducida, pero es adecuado para investigar viabilidad. Las imágenes iniciales se comienzan a los 10 min post inyección (dosis: 111-148 MBq; 3-4 mCi), mientras que las de redistribución se efectúan a las 3-4 horas. Se pueden adicionar imágenes más tardías a



las 12-24 horas, aunque por lo general no mejoran significativamente la sensibilidad.

**4.8.3.  $Tl^{201}$  estrés // reinyección:**

Es útil para detectar isquemia y viabilidad miocárdica. La dosis de  $Tl^{201}$  para el estrés es de 111-148 MBq (3-4mCi), mientras que para la reinyección se emplean 37 MBq (1 mCi), administrados inmediatamente después de efectuadas las imágenes de estrés o bien una hora antes de las imágenes tardías. También se puede reinyectar inmediatamente después de las imágenes de redistribución, constituyendo un protocolo de 3 fases (estrés-redistribución-reinyección).

**4.8.4.  $Tl^{201}$  estrés // redistribución precoz // redistribución tardía:**

Es similar al protocolo con  $Tl^{201}$  de estrés-redistribución (acápite 8.2). Requiere agregar imágenes tardías a las 18-24 horas post inyección.

**4.8.5.  $Tc^{99m}$ -Sestamibi estrés // reposo post nitratos:**

Se sigue el protocolo de uno o dos días descrito en el acápite 8.2, pero con la administración adicional de nitratos sublinguales (nitroglicerina, 0,5-1,0 mg) u orales (dinitrato de isosorbide, 10 mg), 5 y 15 minutos respectivamente antes de la inyección de la dosis de  $Tc^{99m}$ -Sestamibi correspondiente al reposo. Los nitratos producen máxima vasodilatación coronaria, aumentando la sensibilidad para detección de viabilidad miocárdica. Contraindicado en pacientes con hipotensión (PA sistólica <90 mm Hg).

**4.8.6.  $Tc^{99m}$ -Sestamibi reposo basal // reposo post nitratos:**

No sirve para detectar isquemia inducible. Se adquieren imágenes de perfusión miocárdica en reposo, 30-60 minutos después de la inyección de  $Tc^{99m}$ -Sestamibi en las dosis descritas arriba. Se repite el procedimiento el mismo día, o de preferencia al día siguiente, previa administración de nitratos orales o sublinguales, como se describió en el acápite anterior.

**4.8.7.  $Tl^{201}$  reposo //  $Tc^{99m}$ -Sestamibi estrés:**

Se adquieren imágenes en reposo con  $Tl^{201}$  como se describió en 8.3. Inmediatamente después se desarrolla el protocolo de estrés con inyección de  $Tc^{99m}$ -Sestamibi (acápite 8.2).

**4.8.8.  $Tl^{201}$  redistribución //  $Tc^{99m}$ -Sestamibi estrés:**

Similar al acápite anterior, salvo que la inyección de  $Tl^{201}$  se realiza la tarde o noche anterior y se obtienen imágenes de redistribución tardía (12 -18 horas) antes de hacer el estrés con  $Tc^{99m}$ -Sestamibi. Estos últimos protocolos se denominan de doble isótopos.

**4.8.9. SPECT con positrones de  $F^{18}$ -FDG:**

- El Flúor-18 ( $F^{18}$ ) emite 2 fotones de 511 keV en direcciones opuestas que pueden ser detectados aisladamente (SPECT) o en forma simultánea mediante sistemas de coincidencia (en general se trata de cámaras SPECT especialmente adaptadas).
- Su indicación principal es la detección de miocardio viable en pacientes con enfermedad coronaria y disfunción ventricular izquierda severa. El

objetivo del estudio es verificar si existe actividad metabólica (utilización de glucosa) en regiones hipoperfundidas que se consideran viables (miocardio hibernado).

- Se requiere ayuno prolongado de 12 h; el estudio es realizado si el paciente presenta glicemia menor de 120 mg/dL.
- La dosis de FDG varía de acuerdo al equipo y técnica disponible: para sistemas de SPECT con colimadores de 511 keV: 370 a 600 MBq; para sistemas de coincidencia: 100 a 180 MBq.
- Es necesario el control de calidad de cada dosis de FDG marcada.

#### **4.9. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES**

##### **4.9.1. SPECT convencional no gatillado:**

- a) Posición del paciente: Se recomienda en forma estándar el decúbito supino con el brazo izquierdo o ambos fuera del campo de adquisición. Un accesorio para apoyar el o los brazos aumenta la comodidad del paciente disminuyendo la probabilidad de movimiento. En el caso de existir problemas de atenuación, son opcionales otras posiciones como el decúbito prono.
- b) Colimadores: Para estudios con  $Tc^{99m}$  se recomienda el uso de colimadores de alta resolución y baja energía. Para estudios con  $Tl^{201}$  se debe usar preferiblemente el colimador de alta resolución y baja energía o en su defecto, el colimador de propósito general.
- c) Órbita:
  - Se recomienda una adquisición con órbita de 180 grados de OAD  $45^\circ$  a OPI  $45^\circ$  para gamacámaras de uno o dos cabezales fijos; si hay posibilidad de angulación variable de los cabezales, usar  $90^\circ$ . En equipos de 3 cabezales seguir las indicaciones del sistema.
  - Se debe buscar la menor distancia posible entre el paciente y el o los detectores.
  - Aunque el punto es controvertido, en general se prefiere la órbita elíptica por sobre la circular; también se puede usar autocontorno.
- d) Energía:
  - Para fármacos marcados con  $Tc^{99m}$ : usar el fotopico de 140 keV con ventana de 15 a 20%, dependiendo de la resolución en energía del equipo.
  - Para  $Tl^{201}$ : utilizar 2 o 3 fotopicos: para 72 y 80 keV usar ventana de 15% y para el de 167 keV, de 20%.
- e) Número de proyecciones:
  - $Tl^{201}$ : 30-32 proyecciones.
  - Compuestos marcados con Tecnecio-99m: 30-32 ó 60-64 proyecciones.
- f) Matriz: se recomienda 64 x 64 pixeles.

- g) Magnificación: según las dimensiones del detector (factor de 1.5 -2.0).
- h) Tipo de movimiento del cabezal: el más ampliamente aceptado es tipo *step and shoot* (paso y disparo).
- i) Tiempo por paso:
  - $Tl^{201}$ : 40 segundos.
  - Tecnecio-99m: 20 a 30 segundos (según actividad empleada).
- j) Corrección de la atenuación durante la adquisición: Si se utiliza corrección no uniforme de la atenuación por transmisión con cámaras multicabecales y fuentes externas, se deben seguir estrictamente las recomendaciones del fabricante. Los equipos SPECT/CT poseen la ventaja de ofrecer una corrección de atenuación muy exacta. Existe suficiente experiencia acumulada que permite recomendar su uso. La corrección de radiación dispersa (scatter) puede aplicarse pero no existen recomendaciones al respecto, debiendo interpretarse los resultados con precaución.

#### 4.9.2. SPECT gatillado (gated SPECT):

- Se recomienda su uso si se cuenta con el software necesario.
- Se logra mejor calidad de imagen con compuestos de  $Tc^{99m}$  que con  $Tl^{201}$ , y utilizando las dosis máximas recomendadas.
- La máxima información se obtiene del gatillado de ambas fases del estudio. Si se "gatilla" sólo una fase, se recomienda la de reposo.
- Se puede dividir el ciclo cardíaco en 8 o 16 cuadros (frames), debiendo adherir siempre al mismo protocolo tanto para estrés como para reposo ya que el valor de fracción de eyección puede variar. La adquisición de 8 cuadros permite una mayor estadística pero con 16 cuadros se consigue mayor resolución temporal y valores de fracción de eyección más cercanos a los reales.
- Adquirir 25-35 segundos por paso angular.
- En casos de arritmia frecuente o completa (p ej. fibrilación auricular), se debe obviar el gatillado pues el resultado será poco confiable.

#### 4.9.3. Estudios con positrones en cámaras SPECT (estos procedimientos son cada vez menos frecuentes, aunque debido a que aun se emplean en ciertas instituciones se ha decidido incluirlos aquí).

- a) Preparación específica:
  - Carga de glucosa: administrar 50 g de glucosa vía oral y controlar la curva glicémica inyectando la dosis de FDG en la fase descendente (respuesta insulínica).
  - Clamp hiperinsulinémico euglicémico (de elección en pacientes diabéticos):
    - Administrar suero glucosado al 20% en goteo IV.
    - Administrar insulina en goteo IV.

- Controlar la glicemia con el fin de evitar hipoglicemia, manteniendo un nivel constante alrededor de 100mg/dl.
  - Establecida la euglicemia, se inyecta la dosis de FDG.
  - Otra técnica en pacientes no diabéticos o no insulino dependientes es administrar 250 mg de Acipimox (hipoglicemiante oral), 3 horas previas a inyección de FDG y una colación de 75g de hidratos de carbono 1,5 horas antes junto con otra dosis similar de Acipimox. El ácido acetil salicílico (125 mg) puede disminuir los efectos colaterales del Acipimox si se administra 30 minutos antes de éste. Se debe asegurar glicemias inferiores a 120 mg/dL; si es mayor de 140 mg/dL agregar 6-10 U de insulina cristalina vía subcutánea y repetir la dosificación de glicemia. No se debe ingerir grasas la noche anterior y el paciente debe estar en ayunas.
- b) Adquisición de Imágenes con F<sup>18</sup>-FDG.
- Estudios con colimadores de alta energía:
    - Colimador de 511 keV, ventana 20%.
    - Órbita circular de 360 grados: 30-40 seg por imagen
    - Reconstrucción iterativa o por retroproyección filtrada, de acuerdo con el sistema disponible.
    - Se puede efectuar adquisición simultánea con trazadores de perfusión miocárdica.
  - Estudios por coincidencia:
    - Ajustar picos energéticos para 511 keV con ventana de 15%. Puede utilizarse una segunda ventana en 309 keV para incrementar el conteo.
    - Órbita circular con 64 proyecciones, 30-40 seg por imágenes.
    - Siempre que esté disponible, adquirir imágenes de transmisión con fuentes de Cs<sup>137</sup>.
    - Debe efectuarse corrección de atenuación, para reducir artefactos especialmente en la pared inferior del ventrículo izquierdo.

## 4.10. PROCESAMIENTO DEL ESTUDIO

### 4.10.1. Reconstrucción transaxial:

- a) Retroproyección filtrada:
- La selección del filtro es un aspecto crítico en el procesamiento del SPECT para obtener una adecuada calidad de imagen, que sea clínicamente aceptable.
  - Los cortes tomográficos procesados con filtros con alta frecuencia de corte mejoran la resolución espacial a expensas de la introducción de mayor ruido estadístico. Si la frecuencia de corte del

filtro es baja, el ruido disminuye pero la resolución espacial empeora.

- No existe una fórmula fija para obtener la mejor calidad de imagen: se debe probar en forma individual en cada sistema, de acuerdo a la dosis administrada y al tipo de paciente.
  - El filtro que más se adapta a los estudios cardiacos con compuestos marcados con  $Tc^{99m}$  es el Butterworth. Para el  $Tl^{201}$ , el filtro Hanning es el más ampliamente recomendado. Pueden usarse otros filtros de acuerdo a la experiencia de la institución y tipo de equipo con que se cuente. Debe mantenerse el mismo tipo de filtro para cada fase de un estudio, pudiendo variar la frecuencia de corte de acuerdo a la estadística de conteo.
- b) Recientemente se ha introducido la posibilidad de reconstrucción por métodos iterativos, los cuales se encuentran ya implementados en la mayoría de los nuevos sistemas. Estos métodos presentan ciertas ventajas respecto a la retroproyección filtrada, por lo cual es aconsejable su aplicación una vez obtenida una adecuada familiarización con los mismos.

#### **4.10.2. Reorientación de los cortes:**

Una vez reconstruido el estudio, los cortes transaxiales deben ser reorientados con el fin de obtener las imágenes que corresponden al eje corto o coronal y a los ejes largos vertical y horizontal del ventrículo izquierdo.

#### **4.10.3. Operaciones opcionales:**

Se recomienda también la generación de los mapas polares para su ulterior interpretación, y opcionalmente las imágenes 3D de superficie.

#### **4.10.4. Presentación del estudio:**

- Ya sea en escala de grises o color, deben desplegarse los cortes de eje menor y los de eje mayor vertical y horizontal (Anexo III, fig. 2).
- Deben abarcar respectivamente desde el ápex a la base del ventrículo izquierdo, desde la pared septal a la pared lateral y desde la pared anterior a la pared inferior.
- A fin de incorporar la totalidad del miocardio y de acuerdo al tamaño del ventrículo, pueden sumarse 2 y hasta 3 cortes contiguos.
- Un zoom post-reconstrucción es de uso opcional para mejorar la visualización e interpretación del estudio.
- Las imágenes de estrés y reposo deben presentarse en parejas para cada plano de corte, y deben ser correspondientes a fin de facilitar su comparación.
- Debe cuidarse que el miocardio contenga la escala de grises o color en su totalidad; la presencia de estructuras "calientes" subdiafragmáticas puede afectar la visualización del ventrículo. Si es necesario, aplicar una "máscara" para eliminar dichas estructuras de la imagen o modificar la escala asignando el máximo de ésta a un sector del miocardio.

- Los cortes tomográficos pueden acompañarse de las imágenes de mapas polares, reconstrucción tridimensional de superficie y/o información funcional derivada del estudio gatillado.

#### **4.11. EVALUACIÓN DE LAS IMÁGENES**

##### **4.11.1. Observación en modo cine:**

Las imágenes del estudio sin procesar (proyecciones “crudas”) deberán ser revisadas en modo cine antes de la generación de cortes tomográficos a fin de verificar si el estudio está completo y evaluar la presencia y grado de movimiento, alteraciones de la biodistribución, relación de actividad órgano/fondo y otras fuentes potenciales de artefactos. La generación y análisis de un sinograma y linograma puede ser también de utilidad. Identificar posible presencia de atenuación mamaria o diafragmática. Este análisis preliminar debe efectuarse antes que el paciente se retire del servicio, lo que permitirá repetir la adquisición en caso necesario. Recordar que en el caso del  $Tl^{201}$ , la presencia de redistribución podría disminuir la sensibilidad del estudio si se repite la adquisición de la etapa de estrés.

##### **4.11.2. Variantes normales:**

Deben tomarse en cuenta las variaciones de la normalidad al interpretarse los hallazgos. Pueden existir variaciones significativas entre diferentes sujetos así como entre estudios realizados al mismo individuo en diferentes momentos. Entre las variantes normales, se encuentran:

- Adelgazamiento apical
- Tabique interventricular corto.
- Defecto “7 y 11” en el eje corto (debido a inserción del ventrículo derecho).
- Músculo papilar prominente.

##### **4.11.3. Visualización:**

La interpretación del estudio debe realizarse preferiblemente en forma directa desde la pantalla de la computadora. No se recomienda sustracción de actividad de fondo.

##### **4.11.4. Escala de colores:**

Las escalas de colores no continuas, aunque suelen ser de utilidad cuando están apropiadamente calibradas, pueden producir confusión por lo cual se aconseja siempre evaluar también el estudio en escala de grises.

#### **4.12. INTERPRETACIÓN:**

Las imágenes deben ser evaluadas en el contexto de la información clínica relevante y la proporcionada por otros métodos como la ergometría, la ecocardiografía y la cineangiografía. El médico nuclear debe tomar en cuenta los aspectos éticos y legales involucrados en la interpretación de estos estudios.

#### **4.12.1. Anatomía cardiaca y aspecto general:**

- Dilatación o hipertrofia ventricular, o combinación de ambas.
- Dilatación transitoria (predomina en el estudio de estrés).
- Captación pulmonar del radiotrazador (reversible o fija).
- Visualización del ventrículo derecho.

#### **4.12.2. Defectos de perfusión:**

Para determinar si el estudio es normal o anormal se analizará en cada paciente la presencia de uno o más defectos de perfusión (áreas de menor concentración del radiofármaco).

#### **4.12.3. Localización del (los) defecto(s):**

- Las paredes ventriculares a considerar son: anterior, septal, inferior y lateral así como la combinación de éstas (ánteroseptal, anterolateral, inferolateral e inferoseptal).
- A su vez, cada pared se divide en tercios: apical, medio y basal.
- De este modo, se obtienen 24 segmentos más el ápex el cual puede a su vez dividirse en 4: ánteroapical, láteroapical, íferoapical y septoapical.
- Otro tipo de segmentación es aceptable siempre que cumpla criterios prácticos y de fácil comprensión.

#### **4.12.4. Extensión:**

- Pequeña.
- Mediana.
- Grande.

#### **4.12.5. Intensidad:**

- Leve.
- Moderada.
- Severa.
- Clasificación en grados (opcional): 0=normal, 1=hipocaptación leve, 2=moderada, 3=severa, 4=ausencia de captación.

#### **4.12.6. Grado de reversibilidad:**

- Totalmente reversible.
- Parcialmente reversible.
- No reversible o fijo.
- Redistribución inversa o defecto paradójal.

#### **4.12.7. Análisis cuantitativo:**

- Puede realizarse análisis cuantitativo de perfusión y función ventricular si se cuenta con el software adecuado: mapas polares para medir extensión, severidad y reversibilidad de los defectos de perfusión,

perfiles circunferenciales, imágenes paramétricas, curva de volumen, fracción de eyección, cuantificación de captación pulmonar, etc.

- Se consideran métodos estándar de cuantificación los puntajes de estrés (SSS), de reposo (SRS) y diferencial (SDS), los cuales pueden expresarse en forma absoluta o como porcentaje del área miocárdica total.

#### **4.12.8. Criterios de interpretación del SPECT gatillado:**

- Se deben obtener los datos cuantitativos proporcionados por el programa disponible que debe incluir la fracción de eyección del ventrículo izquierdo y, si es posible, el cálculo de los volúmenes ventriculares. Estos datos serán confiables siempre que se haya cumplido con los requisitos técnicos correctos, en especial, la calibración del píxel y una adecuada señal electrocardiográfica durante la adquisición gatillada.
- La evaluación cualitativa debe incluir el análisis del engrosamiento sistólico y la motilidad parietal, el primero de los cuales se recomienda realizar mediante escala de colores discontinua y el segundo mediante escala continua monocromática, preferiblemente en modo cine.
- La motilidad parietal puede graduarse de la siguiente forma: 0=normal, 1=hipoquinesia leve, 2=hipoquinesia moderada a severa, 3=aquinesia, 4=disquinesia.
- El análisis del estudio gatillado se debe realizar examinando los tres planos del ventrículo izquierdo.
- El control de calidad del estudio gatillado debe incluir la verificación de los contornos endo y epicárdico colocados por el programa automático y la morfología de la curva de volumen.
- El SPECT gatillado permite discriminar entre defecto real y artefacto por atenuación mediante la evaluación del engrosamiento parietal (otras formas de abordar el problema son: corregir la atenuación con fuentes externas o modificar la posición del paciente durante una nueva adquisición).
- El SPECT gatillado también es útil para determinar engrosamiento segmentario en los estudios de viabilidad.

### **4.13. INFORME O REPORTE DEL ESTUDIO**

#### **4.13.1. Datos clínicos:**

Breve reseña de la historia clínica y propósito del estudio.

#### **4.13.2. Informe cardiológico:**

Trazado electrocardiográfico y resultado de la prueba de esfuerzo o estímulo farmacológico.

#### **4.13.3. Técnica utilizada:**

- Radiofármaco.



- Dosis.
- Tipo de protocolo.

**4.13.4. Descripción:**

Debe mencionar la presencia, localización, extensión, severidad y grado de reversibilidad de los defectos de perfusión. En el caso de dilatación ventricular o captación pulmonar aumentada, estos hallazgos deben ser señalados debido a su poder pronóstico.

**4.13.5. Función ventricular:**

Descripción de la función global y segmentaria, valor de la fracción de eyección, eventual cambio entre estrés y reposo que indique “atontamiento” miocárdico o disfunción isquémica transitoria.

**4.13.6. Conclusiones:**

Las mismas deben tener en cuenta una correlación entre la historia clínica del paciente, el resultado de la prueba de estrés y los resultados del estudio radioisotópico.

Estas conclusiones deben intentar responder al interrogante específico del médico que remite el caso.

**NOTAS**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## 5.- SPECT DE POOL SANGUÍNEO CARDIOVASCULAR

Este método se encuentra en etapa de desarrollo aunque ya existen programas comerciales validados y disponibles. Representa una opción de potencial interés clínico por lo que se reseñan los principales parámetros técnicos recomendados. Su principal ventaja es la completa separación de las cuatro cavidades cardiacas y supuestamente una mas precisa determinación de la fracción de eyección ventricular izquierda y derecha.

### 5.1. PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO

- Fármaco: Glóbulos rojos marcados con  $Tc^{99m}$  (técnica in vivo, in vitro o in vivo-in vitro).
- Dosis: 1110 MBq (30 mCi).
- Instrumento: Cámara gamma de uno o múltiples detectores.
- Energía: ventana de 15-20% centrada en el fotopico de 140 keV.
- Colimador: baja energía y alta resolución.
- Matriz: 64 x 64, zoom opcional.
- Imágenes por ciclo: 8-16.
- Órbita: para un detector, 180 grados circular, elíptica o de autocontorno. Para cámaras de más de un detector puede usarse órbita de 360 grados circular, elíptica o de autocontorno.
- Número de proyecciones: 30-32 para un detector y 60-64 para multidetector.
- Tiempo por proyección: 20 a 30 segundos.
- Filtro: Butterworth Orden 5, frecuencia de corte 0.24 Nyquist (debe tomarse en cuenta que la frecuencia de corte puede estar definida de manera distinta según el sistema utilizado).
- La reconstrucción iterativa es recomendada como estándar actualmente.

### NOTAS

.....

.....

.....

.....

.....

## 6.- SPECT DE PARATIROIDES

### 6.1. PROPÓSITO

El propósito de este protocolo es ayudar a los centros de medicina nuclear con recomendaciones referentes a la indicación, preparación, realización, interpretación y reporte de los resultados de los estudios de SPECT de paratiroides utilizando radiofármacos marcados con Tc<sup>99m</sup>.

### 6.2. INFORMACIÓN GENERAL

El SPECT de paratiroides permite obtener imágenes tomográficas tridimensionales de la distribución de un radiofármaco en el cuello o mediastino, indicativo de la presencia de tejido paratifoideo hiperfuncionante. La imagenología preoperatoria de una glándula paratiroidea hiperfuncionante (hiperplásica o adenomatosa) sirve para guiar al cirujano durante la exploración, especialmente si ha existido cirugía previa de cuello o la glándula se encuentra en situación ectópica.

### 6.3. INDICACIONES PRINCIPALES

- 6.3.1. Hiperparatiroidismo primario o secundario.
- 6.3.2. Dificultad en la exploración: cirujano inexperto, cirugía de cuello previa, glándula ectópica.
- 6.3.3. Ausencia de localización con métodos ultrasonográficos.
- 6.3.4. Necesidad de reducir al mínimo el tiempo de la cirugía (pacientes de alto riesgo).

### 6.4. PROCEDIMIENTOS PRE-ADQUISICIÓN

#### 6.4.1. Preparación del paciente:

- Retiro de objetos que puedan provocar atenuación.
- Explicación detallada del procedimiento al paciente, padres y/o acompañantes.

6.4.2. **Consignar:** Información relevante para la realización e interpretación del estudio: datos clínicos, otros estudios imagenológicos (Rx, US, TC, RM), estudios centellográficos anteriores si los hubiere, cirugía previa de cuello, etc.

### 6.5. RADIOFARMACO Y DOSIS

6.5.1. **Radiofármaco:** Tc<sup>99m</sup>-Sestamibi.

#### 6.5.2. Dosis:

- Adultos: 740-1480 MBq (10-20 mCi).
- Niños: 10 MBq/kg (370 µCi/kg). Dosis mínima: 74 MBq (2 mCi).

- 6.5.3. Dosimetría:** ver Anexo II.
- 6.5.4. Vía de administración:** endovenosa.
- 6.5.5. Lapso inyección/adquisición:** 15 minutos, imagen planar + SPECT; 120 minutos: planar (+ opcional SPECT).
- 6.5.6. Control de calidad:** seguir las indicaciones del fabricante sobre marcación, estabilidad post-marcado y precauciones especiales.

## **6.6. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES**

### **6.6.1. Cámara:**

Analizador de pulsos con ventana de 15 ó 20% centrada en fotopico de 140 keV. Las cámaras multidetectores son preferibles al permitir disminuir el tiempo de adquisición.

### **6.6.2. Colimador:**

Alta resolución, baja energía.

### **6.6.3. Posicionamiento del paciente:**

En decúbito dorsal, inmóvil, miembros superiores a los lados del cuerpo para imagen de cuello; sobre la cabeza para SPECT de tórax (dependerá de la localización previa vista en la imagen planar).

### **6.6.4. Radio de rotación:**

El menor posible. Detector en la proyección adecuada, según la región a estudiar, lo más próximo posible al paciente.

### **6.6.5. Matriz y zoom:**

Matriz 128x128 sin magnificación.

### **6.6.6. Órbita:**

Órbita preferentemente elíptica o de autocontorno. Rotación de 360 grados incluyendo cuello y tórax.

### **6.6.7. Número de pasos y tiempo por proyección:**

Número de pasos angulares: 64-128 pasos angulares. Tiempo por paso: 20 a 25 segundos.

## **6.7. PROCESAMIENTO**

**6.7.1.** Análisis de las proyecciones "crudas" en modo cine verificando integridad de los datos y eventual movimiento del paciente.

**6.7.2.** Limitar la reconstrucción a la zona de interés.

**6.7.3.** Reconstruir mediante retroproyección filtrada usando filtro rampa con ventana Butterworth, orden 5, frecuencia de corte 0,25 Nyquist aunque deben ensayarse otros parámetros del filtro. Pueden utilizarse otros filtros apropiados según la experiencia y familiaridad del operador, o recomendaciones del fabricante del sistema.

- 6.7.4. Es recomendable la reconstrucción por métodos iterativos, los cuales se encuentran implementados en la mayoría de los sistemas. Estos métodos presentan ventajas respecto a la retroproyección filtrada.
- 6.7.5. No se realizará corrección de atenuación.
- 6.7.6. Reorientación de los cortes según los planos transversal, coronal y sagital.
- 6.7.7. Aplicación de zoom post-reconstrucción para facilitar la visualización e interpretación de las imágenes, según la zona en estudio.
- 6.7.8. Reconstrucción 3D de superficie (opción útil si se emplean los umbrales de aceptación adecuados).
- 6.7.9. Presentación del estudio incluyendo cortes tomográficos en los 3 planos ortogonales, y eventualmente una reconstrucción tridimensional de superficie en modo cine.
- 6.7.10. Las imágenes de SPECT se acompañarán siempre de imágenes planares correspondientes a la zona en estudio. También se incluirá imagen con Tc<sup>99m</sup> pertechnetato si se hubiera realizado siguiendo uno de los protocolos clásicos de gammagrafía paratiroidea, con o sin sustracción.
- 6.7.11. Si se cuenta con equipo híbrido SPECT/CT, o con imágenes de CT de otro equipo y software adecuado, resulta de gran utilidad la fusión de imágenes lo que permite una ubicación topográfica más precisa.

## **6.8. INTERPRETACIÓN**

- 6.8.1. Un foco de captación en cuello fuera del área de las glándulas salivales, que persiste en las imágenes tardías es positivo para tejido paratiroideo hiperfuncionante. Si es ectópico, ya en la imagen precoz se verá en un sitio fuera de la proyección tiroidea.
- 6.8.2. Localización anatómica de la(s) lesión(es). En cuello, la lateralización es importante. En tórax, generalmente se encuentran en mediastino y corresponde definir su ubicación.
- 6.8.3. Comparación con estudios previos e imágenes estructurales (Rx, RM, TC).

## **6.9. INFORME O REPORTE DEL ESTUDIO**

- 6.9.1. Reseña de datos clínicos y motivo de la indicación.
- 6.9.2. Descripción resumida de la técnica utilizada, incluyendo radiofármaco, dosis, vía de administración y vistas adquiridas.
- 6.9.3. Descripción de anomalías (lesiones): número, localización; su correlación con los hallazgos clínicos, morfológicos y de otros estudios gammagráficos.
- 6.9.4. Interpretación y conclusiones: el estudio es de elevada especificidad y sensibilidad, aunque ésta es menor para la hiperplasia que para el adenoma. Nódulos tiroideos sólidos o tumores intratorácicos constituyen causas de diagnóstico falso-positivo. Indicar la posibilidad de asistir en el acto quirúrgico mediante la sonda intraoperatoria.



## 7.- SPECT ÓSEO

### 7.1. PROPÓSITO

El propósito de este protocolo es ayudar a los centros de medicina nuclear con recomendaciones referentes a la indicación, preparación, realización, interpretación y reporte de los resultados de los estudios de SPECT óseo utilizando radiofármacos marcados con Tc<sup>99m</sup>.

### 7.2. INFORMACIÓN GENERAL

El SPECT óseo permite obtener imágenes tomográficas tridimensionales de la distribución de un radiofármaco en el esqueleto.

### 7.3. INDICACIONES PRINCIPALES

- 7.3.1. Dolor dorsal o lumbar con estudio radiológico y gammagrafía ósea planar normal o dudosa.
- 7.3.2. Evaluación del cóndilo y la articulación temporomandibular.
- 7.3.3. Diagnóstico de necrosis avascular (cadera, rodilla u otros).
- 7.3.4. Ubicación topográfica de lesiones vistas en imágenes planares.
- 7.3.5. Diagnóstico de secuelas de traumatismos fisarios.
- 7.3.6. Evaluación de dolor en rodilla con imagen planar dudosa.

### 7.4. PROCEDIMIENTOS PRE-ADQUISICIÓN

#### 7.4.1. Preparación del paciente:

- Hidratación adecuada entre el momento de inyección y el inicio del estudio (2 litros de líquido en 2-3 horas, si es posible).
- Micción pre-adquisición.
- Retiro de objetos que puedan provocar atenuación.
- Explicación detallada del procedimiento al paciente, padres y/o acompañantes.
- Investigar necesidad de sedación.
- Restricción del movimiento en niños.

7.4.2. **Consignar:** Información relevante para la realización e interpretación del estudio: datos clínicos, otros estudios imagenológicos (Rx, TC, RM), medicamentos en uso, radio y/o quimioterapia previas, cirugías, etc.

### 7.5. RADIOFARMACO Y DOSIS

7.5.1. **Radiofármaco:** Tc<sup>99m</sup>-MDP u otros difosfonatos.

#### **7.5.2. Dosis:**

- Adultos: 925-1110 MBq (25-30 mCi).
- Niños: 10 MBq/kg (370  $\mu$ Ci/kg). Dosis mínima: 74 MBq (2 mCi).

#### **7.5.3. Dosimetría:** ver Anexo II.

#### **7.5.4. Vía de administración:** endovenosa.

#### **7.5.5. Lapso inyección /adquisición:** 2 – 4 horas.

#### **7.5.6. Control de calidad:** seguir las indicaciones del fabricante sobre marcación, estabilidad post-marcado y precauciones especiales.

### **7.6. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES**

#### **7.6.1. Cámara:**

Analizador de pulsos con ventana de 15 ó 20% centrada en fotopico de 140 keV. Las cámaras multidetectores son preferibles al permitir disminuir el tiempo de adquisición.

#### **7.6.2. Colimador:**

Alta resolución, baja energía.

#### **7.6.3. Posicionamiento del paciente:**

En decúbito dorsal o ventral, inmóvil, miembros superiores fuera del campo de imagen.

#### **7.6.4. Radio de rotación:**

El menor posible. Detector en la proyección adecuada, según la región a estudiar, lo más próximo posible al paciente.

#### **7.6.5. Matriz y zoom:**

Matriz 128 x 128 sin magnificación ó 64 x 64 con magnificación.

#### **7.6.6. Órbita:**

Órbita circular, elíptica o autocontorno. Rotación de 360 grados (cráneo, tórax y pelvis). Rotación de 180 grados desde lateral (columna, temporomandibular).

#### **7.6.7. Número de pasos y tiempo por proyección:**

Número de pasos angulares: 32-64 para 180 grados y 64-128 para 360 grados. Tiempo por paso: 20 a 40 segundos.

### **7.7. PROCESAMIENTO**

**7.7.1.** Análisis de las proyecciones “crudas” en modo cine verificando integridad de los datos y eventual movimiento del paciente.

**7.7.2.** Limitar la reconstrucción a la zona de interés.

**7.7.3.** Reconstruir mediante retroproyección filtrada usando filtro rampa con ventana Butterworth, orden 5, frecuencia de corte 0,25 Nyquist aunque deben ensayarse otros parámetros del filtro. Pueden utilizarse filtros



Wiener, Parzen, Metz, Hanning u otros apropiados según la experiencia y familiaridad del operador, o recomendaciones del fabricante del sistema.

- 7.7.4. Actualmente existe la posibilidad de reconstrucción por métodos iterativos, los cuales se encuentran ya implementados en la mayoría de los nuevos sistemas. Estos métodos presentan ciertas ventajas respecto a la retroproyección filtrada, por lo cual puede ser aconsejable su aplicación.
- 7.7.5. No se realizará corrección de atenuación.
- 7.7.6. Reorientación de los cortes según los planos transversal, coronal y sagital.
- 7.7.7. Aplicación de zoom post-reconstrucción para facilitar la visualización e interpretación de las imágenes, según la zona en estudio.
- 7.7.8. Reconstrucción 3D de superficie (opción útil si se emplean los umbrales de aceptación adecuados).
- 7.7.9. Presentación del estudio incluyendo cortes tomográficos en los 3 planos ortogonales, y eventualmente una reconstrucción tridimensional de superficie en modo cine (Anexo III, fig. 3). Se aconseja el uso de una escala continua (grises o incandescente –“hot iron”).
- 7.7.10. Las imágenes de SPECT se acompañarán siempre de imágenes planares correspondientes a la zona en estudio así como del resto del esqueleto. También se incluirán imágenes dinámicas o estáticas precoces que se hayan adquirido a fin de investigar la vascularización del área.

## **7.8. INTERPRETACIÓN**

- 7.8.1. Investigar aumento o disminución, focal o difusa, de la actividad en hueso o tejidos blandos. Valorar la presencia de asimetrías.
- 7.8.2. Localización anatómica de la(s) lesión(es). Particularmente en columna, es importante definir si la lesión asienta en el cuerpo vertebral o en el arco posterior, así como su lateralización.
- 7.8.3. Comparación con estudios previos e imágenes estructurales (Rx, RM, TC).

## **7.9. REPORTE DEL ESTUDIO**

- 7.9.1. Reseña de datos clínicos y motivo de la indicación.
- 7.9.2. Descripción resumida de la técnica utilizada, incluyendo radiofármaco, dosis, vía de administración y vistas adquiridas.
- 7.9.3. Descripción de anormalidades (lesiones): número, extensión, severidad, localización; su correlación con los hallazgos clínicos, morfológicos y de otros estudios gamagráficos. Cambios respecto a estudios previos.
- 7.9.4. Interpretación y conclusiones: cuando se considere pertinente, se mencionará el significado probable de los hallazgos y se planteará diagnóstico(s) diferencial(es). Recordar que los hallazgos en centellografía ósea suelen ser inespecíficos.



## **8.- SPECT HEPATOESPLENICO CON COLOIDES MARCADOS**

### **8.1. PROPOSITO**

El propósito de este protocolo es ayudar a los centros de medicina nuclear con recomendaciones referentes a la indicación, preparación, realización, interpretación y reporte de los estudios de SPECT hepatoesplénico, utilizando coloides marcados con  $Tc^{99m}$ .

### **8.2. INFORMACIÓN GENERAL**

**8.2.1.** El SPECT hepatoesplénico es una técnica que permite obtener imágenes tomográficas tridimensionales de la distribución de un coloide marcado con  $Tc^{99m}$ , el cual tras su administración endovenosa es fagocitado por las células del sistema retículo-endotelial.

**8.2.2.** Tomando como referencia la biodistribución del sulfuro coloidal marcado con  $Tc^{99m}$  (80-90% hígado, 5-10% bazo, resto en médula ósea), otras partículas de menor diámetro como el fitato y los nanocoloides presentan distribución preferencial en la médula ósea y menor captación esplénica relativa.

### **8.3. INDICACIONES**

**8.3.1.** Detección de lesiones focales hepáticas y esplénicas.

**8.3.2.** Caracterización de lesiones demostradas por otros métodos, especialmente la hiperplasia nodular hepática focal.

**8.3.3.** Identificación de bazo accesorio, esplenosis, implante esplénico y asplenia funcional.

### **8.4. PROCEDIMIENTOS PRE-ADQUISICIÓN**

**8.4.1.** Preparación del paciente: ninguna preparación es necesaria.

**8.4.2.** Información pertinente que consigne los datos relevantes para la realización e interpretación del estudio: historia clínica, datos epidemiológicos, resultados de otros estudios (ecografía, TC), etc.

### **8.5. RADIOFARMACO Y DOSIS**

#### **8.5.1. Radiofármacos:**

a)  $Tc^{99m}$ -Sulfuro coloidal o  $Tc^{99m}$ -sulfuro de antimonio, con partículas cuyo diámetro son, respectivamente, de 100-1000 y 50-200 nm.

b) Pueden ser utilizados otros coloides, pero en general contienen partículas de menor diámetro como el fitato y los nanocoloides, menos indicadas para estudios esplénicos.

#### **8.5.2. Dosis:**

a) Adultos: 187 – 259 MBq (5 – 7 mCi).

b) Niños: 1,85 MBq/kg (50  $\mu$ Ci/kg), mínimo de 18,5 MBq (0,5 mCi).

**8.5.3. Dosimetría:** ver Anexo II.

**8.5.4. Vía de administración:** endovenosa.

**8.5.5. Lapso inyección/adquisición:** 20 minutos.

**8.5.6. Control de calidad:** seguir las indicaciones del fabricante sobre marcación, estabilidad post-marcado y precauciones especiales.

## **8.6. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES**

### **8.6.1. Cámara:**

Analizador de pulsos con ventana de 15 ó 20 % centrada en fotopico de 140 keV. Las cámaras multicabezales son preferibles pues acortan la duración del estudio.

### **8.6.2. Colimador:**

Baja energía y alta resolución.

### **8.6.3. Posicionamiento del paciente:**

El paciente debe ser colocado en decúbito dorsal de manera confortable, con brazos elevados encima de la cabeza. Considerar atenuación mamaria en las mujeres.

### **8.6.4. Radio de rotación:**

El mínimo posible a fin de optimizar la resolución espacial del estudio.

### **8.6.5. Matriz y zoom:**

Matriz preferencial: 128 x 128 (pudiendo ser también utilizada la matriz de 64 x 64). La adquisición debe ser realizada sin magnificación.

### **8.6.6. Órbita:**

Circular, elíptica o de autocontorno de 360 grados.

### **8.6.7. Número de pasos y tiempo por proyección:**

a) Con rotación continua: 120 pasos de 3 grados.

b) Con paso y disparo: 60 - 120 pasos (6 y 3 grados respectivamente).

c) Tiempo por paso: 10 – 20 segundos.

## **8.7. PROCESAMIENTO**

- 8.7.1.** Análisis de las proyecciones “crudas” en modo cine verificando integridad de los datos y eventual movimiento del paciente.
- 8.7.2.** Limitar la reconstrucción a la zona de interés.
- 8.7.3.** Reconstruir mediante retroproyección filtrada usando filtro rampa con ventana Butterworth, orden 5, frecuencia de corte 0,25 Nyquist aunque deben ensayarse otros parámetros del filtro. En general, no se recomienda el uso de otros filtros para SPECT hepatoesplénico.
- 8.7.4.** Recientemente se ha introducido la posibilidad de reconstrucción por métodos iterativos, los cuales se encuentran ya implementados en la mayoría de los nuevos sistemas. Estos métodos presentan ciertas ventajas respecto a la retroproyección filtrada, por lo cual puede ser aconsejable su aplicación.
- 8.7.5.** Se recomienda realizar en todos los casos corrección de la atenuación mediante el método de Chang, con coeficiente de atenuación de  $0,12 \text{ cm}^{-1}$ . Debe utilizarse una elipse de corrección que se ajuste al contorno corporal en un corte transversal a la altura de la región tóraco-abdominal. El método de Chang requiere una cuidadosa calibración del tamaño de pixel.
- 8.7.6.** Reorientación de los cortes según los planos transversal, coronal y sagital.
- 8.7.7.** En general no es necesaria la aplicación de zoom post-reconstrucción, dado que se trata de órganos voluminosos. Puede ser de utilidad en niños.
- 8.7.8.** Reconstrucción 3D de volumen o de superficie (opción útil si se emplean los umbrales de aceptación adecuados).
- 8.7.9.** Presentación del estudio incluyendo cortes tomográficos en los 3 planos ortogonales, y eventualmente una reconstrucción tridimensional de superficie en modo cine (Anexo III, fig. 4). Se aconseja el uso de una escala continua (grises o incandescente –“hot iron” ).
- 8.7.10.** Las imágenes de SPECT se acompañarán siempre de imágenes planares convencionales, como mínimo en proyecciones anterior y posterior de la región tóraco-abdominal.

## **8.8. INTERPRETACIÓN**

- 8.8.1.** Alteración del tamaño y/o morfología del hígado y/o bazo.
- 8.8.2.** Áreas focales de hipo o (menos comúnmente) hipercaptación en hígado y/o bazo.
- 8.8.3.** Alteración de la relación de captación entre hígado y bazo.
- 8.8.4.** Captación incrementada del radiocoloide en la médula ósea o pulmones.
- 8.8.5.** La utilización de otros radiofármacos en estudios complementarios permite la caracterización de diversas lesiones focales ( $\text{Tc}^{99\text{m}}$ -glóbulos rojos, Galio-67,  $\text{Tc}^{99\text{m}}$ -DISIDA).



## 9.- SPECT ABDOMINAL CON GLÓBULOS ROJOS MARCADOS

### 9.1. PROPOSITO

El propósito de este protocolo es ayudar a los centros de medicina nuclear con recomendaciones referentes a la indicación, preparación, realización, interpretación y reporte de los resultados de estudios de SPECT abdominal utilizando glóbulos rojos marcados con  $Tc^{99m}$ .

### 9.2. INFORMACIÓN GENERAL

El SPECT del pool sanguíneo abdominal es una técnica que permite obtener imágenes tomográficas tridimensionales de la distribución de los glóbulos rojos marcados con  $Tc^{99m}$  en los órganos abdominales, más frecuentemente hígado y bazo, a fin de caracterizar lesiones observadas con otros métodos (ecografía, TC, RM).

### 9.3. INDICACIONES

Diagnóstico diferencial de lesiones nodulares únicas o múltiples sugestivas de hemangioma cavernoso, identificadas por ecografía, TC, RM o gammagrafía con coloides. La técnica de SPECT está especialmente indicada en caso de lesiones pequeñas, múltiples o no visualizadas en las imágenes planares.

### 9.4. PROCEDIMIENTOS PRE-ADQUISICIÓN

**9.4.1. Preparación del paciente:** ninguna preparación es necesaria.

**9.4.2. Información:** pertinente que consigne los datos relevantes para la realización e interpretación del estudio: historia clínica, resultados de otros estudios (ecografía, TC), etc.

### 9.5. RADIOFÁRMACO Y DOSIS

**9.5.1. Radiofármaco:** Los glóbulos rojos pueden ser marcados con  $Tc^{99m}$  por diferentes técnicas: in vivo, in vitro o in vivo / in vitro, las cuales presentan diferencias en la eficiencia de la marcación. Es deseable que la misma sea de al menos 85%.

**9.5.2. Dosis:**

- Adultos: 740-925 MBq (20-25 mCi).
- Niños: 7 a 11 MBq/kg (200-300  $\mu$ Ci/kg), actividad mínima de 148 MBq (4 mCi).

**9.5.3. Dosimetría:** ver Anexo II.

**9.5.4. Vía de administración:** endovenosa.

#### **9.5.5. Lapso inyección – adquisición:**

Si es necesario el estudio de flujo sanguíneo, la inyección del radioisótopo será realizada en bolo, con el paciente en decúbito y en la mejor proyección estimada para la visualización de la lesión.

Las imágenes de SPECT son adquiridas en dos tiempos. La fase precoz comienza 15 a 20 minutos después de la inyección. La adquisición tardía se realiza entre 2 a 6 horas después.

#### **9.5.6. Control de calidad:**

Seguir las indicaciones establecidas sobre marcación. Si se utiliza la técnica in vitro deben tomarse precauciones especiales para evitar equivocaciones y contaminación cruzada de las muestras de sangre.

### **9.6. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES**

Ver sección anterior sobre SPECT hepatoesplénico con coloides marcados.

### **9.7. PROCESAMIENTO**

Ver sección anterior sobre SPECT hepatoesplénico con coloides marcados.

### **9.8. INTERPRETACIÓN**

**9.8.1.** Descripción de eventuales áreas focales de hipo o hiper actividad y su modificación en el tiempo (imágenes precoces vs. tardías).

**9.8.2.** El hemangioma hepático, indicación más común del estudio, presenta un patrón típico caracterizado por hipocaptación en las imágenes precoces e hipercaptación en las imágenes tardías, debido al lento flujo sanguíneo de estas lesiones.

**9.8.3.** Comparar con otros estudios realizados con trazadores coloidales e imágenes estructurales (Rx, RM, TC, ecografía).

### **9.9. INFORME O REPORTE DEL ESTUDIO**

**9.9.1.** Descripción resumida de la técnica utilizada.

**9.9.2.** Descripción de anomalías: número, extensión, severidad, localización; su correlación con los hallazgos clínicos, morfológicos y otros estudios gamagráficos.

**9.9.3.** Interpretación y conclusiones: Se mencionará el significado probable de los hallazgos y se planteará diagnóstico(s) diferencial(es). El patrón mencionado más arriba debe considerarse altamente específico para el diagnóstico de hemangioma hepático.





## **10.- SPECT CON TALIO<sup>201</sup> Ó Tc<sup>99m</sup>-SESTAMIBI EN ONCOLOGÍA**

### **10.1. PROPÓSITO**

El propósito de este protocolo es ayudar a los centros de medicina nuclear con recomendaciones referentes a la indicación, preparación, realización, interpretación y reporte de los estudios de SPECT realizado para la evaluación de tumores utilizando radiotrazadores oncológicos inespecíficos, cuya captación es proporcional al flujo sanguíneo del órgano afectado y al grado de metabolismo celular.

### **10.2. INFORMACIÓN GENERAL**

**10.2.1.** Es una técnica que permite obtener imágenes tomográficas tridimensionales de la distribución de radiofármacos cuya captación y retención celular están correlacionadas con alteraciones metabólicas y de la perfusión regional.

**10.2.2.** Puede usarse para el diagnóstico, estadificación y seguimiento de una amplia variedad de tumores, entre los que se cuentan: tumores cerebrales, cáncer de mama, melanoma y osteosarcoma.

### **10.3. INDICACIONES**

**10.3.1.** Detección y seguimiento de tumores primarios y sitios metastásicos.

**10.3.2.** Diagnóstico diferencial entre tumores benignos y malignos.

**10.3.3.** Diagnóstico diferencial entre viabilidad tumoral, fibrosis y necrosis post-tratamiento.

**10.3.4.** Con Tc<sup>99m</sup>-Sestamibi, predicción de la respuesta al tratamiento quimioterápico (expresión de PgP).

### **10.4. PROCEDIMIENTOS PRE-ADQUISICIÓN**

#### **10.4.1. Preparación del paciente:**

Suspender eventual medicación con ouabaína (inhibe la captación de Tl<sup>201</sup>) y citoxan (altera la captación de Tc<sup>99m</sup>-sestamibi).

En caso de exploración abdominal, se sugiere la administración de sulfato de morfina 0,04-0,1 mg/kg 15 minutos previos a la administración del sestamibi; o bien ayuno de 4 horas para reducir la excreción intestinal del radiotrazador.

#### **10.4.2. Información pertinente para la realización del procedimiento:**

- a) Historia clínica completa.
- b) Resultados de exámenes realizados recientemente (Rx, TC, RM, ecografía, biopsia).

- c) Consignar intervenciones quirúrgicas, traumas recientes, procedimientos diagnósticos invasivos, así como la presencia de inflamación / infección.
- d) Consignar tratamientos con radio o quimioterapia.

## 10.5. RADIOFÁRMACOS Y DOSIS

### 10.5.1. Radiofármacos:

- a) Tc<sup>99m</sup>- Sestamibi.
  - Dosis :
    - Adultos: 925-1110 MBq (25-30 mCi).
    - Niños: 16 MBq/kg (430 µCi/kg). Dosis mínima: 185 MBq (5 mCi).
  - Dosimetría: ver Anexo II.
- b) Talio<sup>201</sup>.
  - Dosis:
    - Adultos: 148 MBq (4 mCi ).
    - Niños: 1,85 MBq/kg (50 µCi/kg). Dosis mínima: 37 MBq (1 mCi).
  - Dosimetría: ver Anexo II.

**10.5.2. Vía de administración:** endovenosa.

### 10.5.3. Lapso inyección/adquisición:

- Imagen precoz: 15-30 minutos.
- Imagen tardía: 2-4 horas.

**10.5.4. Control de calidad:** seguir las recomendaciones del fabricante sobre marcación, estabilidad post-marcado y precauciones especiales.

## 10.6. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

### 10.6.1. Cámara:

Para Tc<sup>99m</sup>, 140 keV con ventana de 15-20%. Para Tl<sup>201</sup> utilizar 2 ó 3 picos: 72 y 80 keV con ventana de 15% y 167 keV con ventana de 20%. Las cámaras multicabezales son preferibles pues permiten disminuir el tiempo de adquisición.

### 10.6.2. Colimador:

Baja energía, propósito general o alta resolución.

### 10.6.3. Posicionamiento del paciente:

En decúbito dorsal, de manera confortable. Para exploración torácica, los miembros superiores se colocarán hacia arriba sobre la cabeza en extensión máxima.

**10.6.4. Radio de rotación:**

El menor posible, a fin de optimizar la resolución espacial.

**10.6.5. Matriz y zoom:**

Matriz 64 x 64, en general sin zoom. Las imágenes de abdomen superior deben incluir el hígado en su totalidad. En las imágenes de pelvis se excluirá el hígado.

**10.6.6. Órbita:**

Preferentemente de contorno, pudiendo usarse elíptica o circular; modo paso y disparo o continuo.

**10.6.7. Número de pasos y tiempo por proyección:**

360 grados, 60-64 pasos, 30 segundos por proyección.

**10.7. PROCESAMIENTO**

**10.7.1.** Análisis de las proyecciones “crudas” en modo cine verificando integridad de los datos y eventual movimiento del paciente.

**10.7.2.** Limitar la reconstrucción a la zona de interés.

**10.7.3.** Reconstruir mediante retroproyección filtrada con parámetros dependientes de la experiencia y criterio del operador, el órgano en estudio, el radiofármaco y dosis empleados, u otras recomendaciones publicadas.

**10.7.4.** Recientemente se ha introducido la reconstrucción por métodos iterativos, los cuales se encuentran ya implementados en la mayoría de los nuevos sistemas. Estos métodos presentan ciertas ventajas respecto a la retroproyección filtrada, por lo cual puede ser aconsejable su aplicación.

**10.7.5.** Se realizará corrección de atenuación en cráneo (ver SPECT para tumores cerebrales) y abdomen (ver SPECT hepatoesplénico), utilizando el método de Chang y un coeficiente de atenuación de 0,09 a 0,12 cm<sup>-1</sup>.

**10.7.6.** Reorientación de los cortes según los planos transversal, coronal y sagital.

**10.7.7.** Aplicación de zoom post-reconstrucción para facilitar la visualización e interpretación de las imágenes, según el órgano y región en estudio.

**10.7.8.** Reconstrucción 3D de superficie (opción útil si se emplean los umbrales de aceptación adecuados).

**10.7.9.** Presentación del estudio incluyendo cortes tomográficos en los 3 planos ortogonales, y eventualmente una reconstrucción tridimensional de superficie en modo cine. Se aconseja el uso de una escala continua (grises o incandescente –“hot iron”).

**10.7.10.** Las imágenes de SPECT se acompañarán siempre de las imágenes planares correspondientes a la zona en estudio.

## **10.8. CRITERIOS DE INTERPRETACIÓN**

- 10.8.1.** Definir áreas focales o difusas de concentración anormal de los radiotrazadores.
- 10.8.2.** Correlacionar con estudios gamagráficos previos y otros métodos de imágenes.
- 10.8.3.** Tener presente la biodistribución normal del  $Tl^{201}$  y  $Tc^{99m}$ -Sestamibi, que incluye el corazón, músculos, hígado, bazo, área esplácnica, riñones y, en el caso del Sestamibi, los plexos coroideos y la vesícula biliar.

## **10.9. INFORME O REPORTE DEL ESTUDIO**

- 10.9.1.** Descripción resumida de la técnica utilizada.
- 10.9.2.** Descripción de anomalías y su correlación con los hallazgos clínicos, morfológicos y de otros estudios gamagráficos.
- 10.9.3.** Interpretación y conclusiones: cuando se considere pertinente, se mencionará el significado de los hallazgos, considerando que se están utilizando radiotrazadores inespecíficos.

## **NOTAS**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## 11.- SPECT RENAL

### 11.1. PROPÓSITO

El propósito de este protocolo es ayudar a los centros de medicina nuclear con recomendaciones referentes a la indicación, preparación, realización, interpretación y reporte de los estudios de SPECT renal utilizando radiofármacos marcados con  $Tc^{99m}$ .

### 11.2. INFORMACIÓN GENERAL

El SPECT renal permite obtener imágenes tomográficas tridimensionales de la distribución de un radiofármaco de localización preferencial en la corteza renal.

### 11.3. INDICACIONES

Se trata de un método auxiliar indicado para confirmar la presencia de lesiones corticales (cicatrices o áreas de infección activa) interpretadas como dudosas en los estudios planares convencionales o con pinhole.

### 11.4. PROCEDIMIENTOS PRE-ADQUISICIÓN

**11.4.1. Preparación del paciente:** Hidratación adecuada y micción pre-adquisición.

**11.4.2. Consignar:** Datos relevantes para la realización e interpretación del estudio: historia clínica, estudios radiológicos y otras informaciones pertinentes. Interesa especialmente historia de infección urinaria, presencia de reflujo vésico-ureteral y otros factores predisponentes (malformaciones, cateterismo vesical, etc.), así como tratamiento instituido incluyendo cirugía.

### 11.5. RADIOFÁRMACO Y DOSIS

**11.5.1. Radiofármaco:**  $Tc^{99m}$ -DMSA (ácido dimercaptosuccínico).

#### 11.5.2. Dosis:

- Adultos: 148-185 MBq (4-5 mCi).
- Niños: 1,5 MBq/kg (40  $\mu$ Ci/kg). Mínimo: 18,5 MBq (0,5 mCi).

**11.5.3. Dosimetría:** ver Anexo II.

**11.5.4. Vía de administración:** endovenosa.

**11.5.5. Lapso inyección/adquisición:** 3 – 6 horas.

**11.5.6. Control de calidad:** Seguir las recomendaciones del fabricante sobre marcación, estabilidad post-marcado y precauciones especiales.

## **11.6. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES**

### **11.6.1. Cámara:**

Analizador de pulsos con ventana de 15 ó 20% centrada en el fotopico de 140 keV. Una cámara de cabezal único es adecuada.

### **11.6.2. Colimador:**

De alta resolución, baja energía.

### **11.6.3. Posicionamiento del paciente:**

Dorsal o ventral, inmóvil, miembros superiores fuera del campo de imagen.

### **11.6.4. Radio de rotación:**

El menor posible a fin de asegurar una óptima resolución espacial.

### **11.6.5. Matriz y zoom:**

Matriz: de 128x128 sin magnificación ó 64x64 con magnificación, usando un factor de zoom adaptado al tamaño de paciente.

### **11.6.6. Órbita:**

Circular, elíptica o de autocontorno, modo paso y disparo. Rotación de 180 grados desde un lateral ó 360 grados en caso de riñón en herradura o pélvico.

### **11.6.7. Número de pasos y tiempo por proyección:**

- 180 grados: 32 pasos.
- 360 grados: 64 a 128 pasos.
- Tiempo por paso: 15 – 30 segundos.

## **11.7. PROCESAMIENTO**

**11.7.1.** Análisis de las proyecciones “crudas” en modo cine verificando integridad de los datos y eventual movimiento del paciente.

**11.7.2.** Limitar la reconstrucción a la zona de interés.

**11.7.3.** Reconstruir mediante retroproyección filtrada con parámetros dependientes de la experiencia y criterio del operador. En general es apropiado un filtro Butterworth de orden 4-5, frecuencia de corte entre 0,2 y 0,4 Nyquist aunque deben explorarse otros parámetros.

**11.7.4.** Recientemente se ha introducido la reconstrucción por métodos iterativos, los cuales se encuentran ya implementados en la mayoría de los nuevos sistemas y presentan ciertas ventajas respecto a la retroproyección filtrada, por lo cual puede ser aconsejable su aplicación.

**11.7.5.** No es necesario realizar corrección de atenuación.

**11.7.6.** Por lo general, no es necesario efectuar reorientación de los cortes tomográficos, analizándose los mismos según se presentan directamente luego de la reconstrucción.

- 11.7.7. Puede aplicarse zoom post-reconstrucción para facilitar la visualización e interpretación de las imágenes, según el tamaño del paciente y según se haya empleado o no zoom de adquisición.
- 11.7.8. Reconstrucción 3D de superficie (opción útil si se emplean los umbrales de aceptación adecuados).
- 11.7.9. Presentación del estudio incluyendo cortes tomográficos en los 3 planos ortogonales, y eventualmente una reconstrucción tridimensional de superficie en modo cine (Anexo III, fig. 5). Se aconseja el uso de una escala continua (grises o incandescente –“hot iron”).
- 11.7.10. Las imágenes de SPECT se acompañarán siempre de imágenes planares (preferentemente en proyección anterior, posterior y oblicuas posteriores).
- 11.7.11. No se han validado métodos de cuantificación para SPECT renal, pudiéndose en cambio realizar ésta sobre las imágenes planares correspondientes.

## **11.8. INTERPRETACIÓN**

- 11.8.1. Interesa identificar alteraciones morfológicas generales y especialmente áreas focales de hipocaptación cortical.
- 11.8.2. Comparación con estudios previos para determinar evolución de eventuales alteraciones preexistentes.

## **11.9. INFORME O REPORTE DEL ESTUDIO**

- 11.9.1. Breve reseña de historia clínica y razón del examen.
- 11.9.2. Descripción resumida de la técnica utilizada.
- 11.9.3. Descripción de la posición y morfología general de los riñones.
- 11.9.4. Descripción de anormalidades focales: número, extensión, severidad, localización; su correlación con los hallazgos clínicos, morfológicos y comparación con estudios gamagráficos previos (evolución).
- 11.9.5. Interpretación y conclusiones.





## **12.- SPECT PULMONAR POR PERFUSION**

### **12.1. PROPOSITO**

El propósito de este protocolo es ayudar a los centros de medicina nuclear con recomendaciones referentes a la indicación, preparación, realización, interpretación y reporte de los estudios de SPECT pulmonar por perfusión utilizando radiofármacos marcados con Tc<sup>99m</sup>.

### **12.2. INFORMACIÓN GENERAL**

El SPECT de perfusión pulmonar es una técnica que permite obtener imágenes tomográficas tridimensionales de la distribución de un radiofármaco marcado con Tc<sup>99m</sup>, que refleja la perfusión pulmonar regional.

### **12.3. INDICACIONES**

Se trata de una técnica auxiliar indicada para confirmar la presencia de lesiones dudosas en el estudio planar convencional realizado para la evaluación de tromboembolismo pulmonar (TEP) u otras patologías pulmonares.

### **12.4. PROCEDIMIENTOS PRE-ADQUISICIÓN**

**12.4.1. Preparación del paciente:** Ninguna preparación es necesaria.

**12.4.2. Consignar:** Datos relevantes para la realización e interpretación de los estudios: datos clínicos, presencia de trombosis venosa profunda, otros factores predisponentes, resultado de dosificación de dímeros D y radiografía reciente de tórax (12-24 horas).

**12.4.3. Precauciones especiales:**

- a) Cálculo del número de partículas, siendo recomendado para adultos 500.000 – 650.000 partículas (nunca menos de 100.000 partículas). Para pacientes con hipertensión pulmonar, comunicación de derecha a izquierda o niños, se debe administrar de 100.000 a 150.000 partículas como máximo.
- b) El estudio está contraindicado en pacientes con insuficiencia respiratoria severa y cortocircuitos importantes derecha-izquierda.

### **12.5. RADIOFÁRMACO Y DOSIS**

**12.5.1. Radiofármacos:**

- a) Macroagregados de albúmina marcados (Tc99m-MAA).
- b) Microesferas de albúmina marcadas (Tc99m-MSA).

**12.5.2. Dosis:**

- a) Adultos: 185-222 MBq (5-6 mCi).
- b) Niños: 3,1 MBq/kg (85 µCi/kg), mínimo 18,5 MBq (0,5 mCi).

**12.5.3. Dosimetría:** ver Anexo II.

**12.5.4. Vía de administración:** endovenosa.

**12.5.5. Técnica de inyección:**

- a) Homogeneizar previamente la mezcla en el frasco y la jeringa.
- b) Agitar la mezcla permanentemente hasta el momento de inyección.
- c) No aspirar sangre al momento de la punción.
- d) No inyectar material con coágulos.
- e) La inyección debe ser realizada lentamente, con el paciente en decúbito dorsal, durante la respiración a volumen corriente.

**12.5.6. Lapso inyección/adquisición:** El estudio puede ser iniciado inmediatamente después de la inyección.

**12.5.7. Control de calidad:** Seguir las indicaciones del fabricante sobre marcación, estabilidad post-marcado y precauciones especiales.

## **12.6. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES**

**12.6.1. Cámara:**

Analizador de pulsos con ventana de 15 ó 20 % centrada en el fotopico de 140 keV. Las cámaras multicabezales permiten un significativo ahorro de tiempo de adquisición, que puede ser importante con pacientes inestables.

**12.6.2. Colimador:**

Baja energía y alta resolución.

**12.6.3. Posicionamiento del paciente:**

Decúbito dorsal de manera confortable, con los brazos elevados encima de la cabeza si esto es posible, aunque no se trata de un punto crítico.

**12.6.4. Radio de rotación:**

El menor posible a fin de optimizar la resolución espacial. La presencia de mascarilla de oxígeno, tubuladuras y otras conexiones puede impedir un acercamiento del detector, pero es necesario mantener niveles de seguridad adecuados.

**12.6.5. Matriz y zoom:**

Matriz preferencial de 128x128, sin zoom.

**12.6.6. Órbita:**

Órbita circular, elíptica o de autocontorno de 360 grados.

**12.6.7. Número de pasos y tiempo por proyección:**

- Paso y disparo: 60 -120 pasos.
- Tiempo por paso: 10 segundos.

### **12.6.8. Imágenes adicionales:**

Cuando existe sospecha de comunicación de derecha a izquierda realizar imágenes planares adicionales de cerebro y riñones.

## **12.7. PROCESAMIENTO**

- 12.7.1.** Análisis de las proyecciones “crudas” en modo cine verificando la integridad de los datos y eventual movimiento del paciente.
- 12.7.2.** Limitar la reconstrucción a la zona de interés (pulmón en su totalidad).
- 12.7.3.** Reconstruir mediante retroproyección filtrada con parámetros dependientes de la experiencia y criterio del operador. En general es apropiado un filtro Butterworth de orden 4-5, frecuencia de corte entre 0,2 y 0,4 Nyquist aunque deben explorarse otros parámetros.
- 12.7.4.** En general se cuenta con la posibilidad de reconstrucción por métodos iterativos, los cuales se hallan implementados en la mayoría de los nuevos sistemas y presentan ciertas ventajas respecto a la retroproyección filtrada, por lo cual puede ser aconsejable su aplicación.
- 12.7.5.** No es necesario en principio realizar corrección de atenuación. En todo caso no debe aplicarse la corrección de Chang pues el tórax presenta atenuación no uniforme. Si pueden emplearse mapas de atenuación generados por otros métodos.
- 12.7.6.** Por lo general, no es necesario efectuar reorientación de los cortes tomográficos, analizándose los mismos según se presentan directamente luego de la reconstrucción.
- 12.7.7.** Se recomienda la aplicación de zoom post-reconstrucción.
- 12.7.8.** Reconstrucción 3D de superficie (opción útil si se emplean los umbrales de aceptación adecuados).
- 12.7.9.** Presentación del estudio incluyendo cortes tomográficos en los 3 planos ortogonales. Algunos autores utilizan sólo los cortes coronales para interpretación. Puede agregarse las imágenes tridimensionales de superficie en modo cine. Se aconseja el uso de una escala continua de grises.
- 12.7.10.** Las imágenes de SPECT se acompañarán siempre de imágenes planares (preferentemente en proyecciones anterior, posterior, oblicuas anteriores y posteriores), al menos hasta cumplir un período de familiarización con las imágenes tomográficas.

## **12.8. INTERPRETACIÓN**

- 12.8.1.** Disminución focal de la actividad pulmonar. Las áreas de TEP se presentarán como zonas hipocaptantes focales de distribución segmentaria o subsegmentaria, periféricas y en general múltiples. Otros hallazgos según patología del paciente.
- 12.8.2.** Comparación con estudios de ventilación y radiografía de tórax reciente (12 - 24 horas). Típicamente, las áreas de TEP presentarán ventilación conservada.

**12.8.3.** Nota importante: Puede realizarse un estudio de SPECT pulmonar de ventilación, inhalando microaerosoles de Tc<sup>99m</sup>-DTPA o, preferentemente, Technegas® (microaerosol de partículas de carbono marcadas con Tc<sup>99m</sup>, generadas por un equipo especial). En este caso, se recomienda mantener idénticos parámetros de adquisición y procesamiento que los mencionados para los estudios de perfusión.

## **12.9. INFORME O REPORTE DEL ESTUDIO**

**12.9.1.** Datos clínicos y motivo del estudio.

**12.9.2.** Técnica utilizada: Radiofármaco, dosis, vía de administración, proyecciones.

**12.9.3.** Descripción de anomalías: Existencia de áreas patológicas; número, extensión, severidad, localización; su correlación con hallazgos de la ventilación (inhalación) y con los datos clínicos, morfológicos y radiológicos.

**12.9.4.** Interpretación y conclusiones: se mencionará la probabilidad de TEP según los criterios publicados en la literatura. No se recomienda, sin embargo, el uso del criterio PIOPED sino que debería disminuirse al máximo la clasificación de estudios "indeterminados". Se interpretarán los hallazgos relativos a otras afecciones pulmonares en estudio según el caso. Un estudio de angio-CT (angiografía pulmonar por tomografía multicorte) es de utilidad en casos no concluyentes.

## **NOTAS**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## **13.- SPECT CON ANTICUERPOS MONOCLONALES**

### **13.1. PROPÓSITO**

El propósito de este protocolo es ayudar a los centros de medicina nuclear con recomendaciones referentes a la indicación, preparación, realización, interpretación y reporte de los estudios de SPECT con anticuerpos monoclonales marcados con Tc99m.

### **13.2. INFORMACIÓN GENERAL**

El SPECT con anticuerpos monoclonales marcados con Tc<sup>99m</sup> permite obtener imágenes tomográficas tridimensionales de la distribución de un radiofármaco con alta afinidad y especificidad para algunos tumores malignos.

### **13.3. INDICACIONES**

Detección y seguimiento de tumores primarios, metástasis y recidivas. El método se ha empleado sobre todo para neoplasias de colon, cabeza y cuello.

### **13.4. PROCEDIMIENTOS PRE-ADQUISICIÓN**

**13.4.1.** Explicar al paciente o sus familiares el procedimiento a utilizar y obtener consentimiento informado.

**13.4.2.** Preparación del paciente:

- a) Sólo en aquellos casos en que se requiera la evaluación abdominal y si las condiciones clínicas lo permiten, se recomienda administrar una dieta rica en fibras con abundantes líquidos vía oral desde el día anterior a la administración de la dosis.
- b) Información pertinente para la realización del procedimiento:
  - Historia clínica completa, incluyendo administración previa de anticuerpos de origen murino.
  - Resultados de exámenes realizados recientemente (TC, RM, ecografía, biopsia).
  - Medicamentos que está recibiendo, radio y quimioterapia previas, cirugías, etc.

**13.4.3.** Precauciones especiales:

- a) Debe haber transcurrido al menos 30 días del último ciclo de quimio o radioterapia.
- b) Controlar los signos vitales del paciente antes y durante los primeros 30 minutos post-inyección.
- c) En cualquier momento post-inyección puede ocurrir una reacción anafiláctica por liberación abrupta de citoquinas o, en caso de inyecciones reiteradas de anticuerpos monoclonales, una respuesta

HAMA. Por ello debe contarse con personal entrenado y medios necesarios para afrontar emergencias.

### **13.5. RADIOFÁRMACO Y DOSIS**

**13.5.1. Radiofármaco:** Tc<sup>99m</sup>-anticuerpos monoclonales (1 mg). Existe variedad de anticuerpos específicos para ser marcados con Tc<sup>99m</sup>, brindándose aquí una serie de recomendaciones generales, aplicables a la mayoría de ellos.

**13.5.2. Dosis:**

- Adultos: 1110 MBq (30 mCi).
- Niños: información no disponible en la literatura.

**13.5.3. Dosimetría:** ver Anexo II.

**13.5.4. Vía de administración:** endovenosa.

**13.5.5. Lapso inyección/adquisición:** 3 – 4 horas y 18 – 24 horas.

**13.5.6. Control de calidad:** Seguir las indicaciones del fabricante sobre marcación, estabilidad post-marcado y precauciones especiales.

### **13.6. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES**

**13.6.1. Cámara:**

Analizador de pulsos con ventana de 15 ó 20% centrada en el fotopico de 140 keV. Las cámaras multidetectores permiten acortar el tiempo de adquisición.

**13.6.2. Colimador:**

Alta resolución, baja energía.

**13.6.3. Posicionamiento del paciente:**

Decúbito dorsal, de manera confortable. En la exploración de tórax deben excluirse los miembros superiores, que se colocarán hacia arriba. En cabeza y cuello, similar a SPECT cerebral, sin zoom.

**13.6.4. Radio de rotación:**

El menor posible, optimizando la resolución espacial.

**13.6.5. Matriz y zoom:**

Matriz 64x64 ó 128x128, por lo general sin zoom.

**13.6.6. Órbita:**

Preferentemente de contorno (puede ser también elíptica o circular); paso y disparo, 360 grados.

**13.6.7. Número de pasos y tiempo por proyección:**

60-64 pasos, 30 seg/proyección.

### **13.7. PROCESAMIENTO**

- 13.7.1.** Análisis de las proyecciones “crudas” en modo cine verificando integridad de los datos y eventual movimiento del paciente.
- 13.7.2.** Limitar la reconstrucción a la zona de interés.
- 13.7.3.** Reconstruir mediante retroproyección filtrada con parámetros dependientes de la experiencia y criterio del operador. En general es apropiado un filtro Butterworth de orden 4-5, frecuencia de corte entre 0,2 y 0,4 Nyquist. Ensayar también otros parámetros o filtros.
- 13.7.4.** Recientemente se ha introducido la reconstrucción por métodos iterativos, los cuales se encuentran ya implementados en la mayoría de los nuevos sistemas y presentan ciertas ventajas respecto a la retroproyección filtrada, por lo cual puede ser aconsejable su aplicación.
- 13.7.5.** Realizar corrección de atenuación en abdomen o pelvis.
- 13.7.6.** Dependiendo de la zona u órgano en estudio, puede ser necesario efectuar reorientación de los cortes tomográficos en los planos transversal, coronal y sagital.
- 13.7.7.** Presentación del estudio incluyendo cortes tomográficos en los 3 planos ortogonales. Se aconseja el uso de métodos de triangulación y una escala de colores continua (grises o incandescente –“hot iron”).
- 13.7.8.** Las imágenes de SPECT se acompañarán siempre de las imágenes planares correspondientes.

### **13.8. INTERPRETACIÓN**

- 13.8.1.** La biodistribución normal suele incluir hígado, bazo, riñones, vejiga y vasos sanguíneos (éstos se visualizarán progresivamente menos con el paso del tiempo).
- 13.8.2.** Estudio positivo: aumento focal de la actividad con relación al fondo, que se mantenga o se incremente en la imagen de 18-24 horas.
- 13.8.3.** Cuando existan estudios previos, se debe comparar para determinar la evolución de lesiones preexistentes o aparición de nuevas.

### **13.9. INFORME O REPORTE DEL ESTUDIO**

- 13.9.1.** Breve reseña de historia clínica y problema a resolver.
- 13.9.2.** Descripción resumida de la técnica utilizada.
- 13.9.3.** Descripción de anomalías (áreas hipercaptantes): número, extensión, severidad, localización; su correlación con los hallazgos clínicos, morfológicos y comparación con otros estudios gamagráficos previos o complementarios.
- 13.9.4.** Interpretación y conclusiones.





## 14.- SPECT CON GALIO-67 EN ONCOLOGÍA

### 14.1. PROPÓSITO

El propósito de este protocolo es ayudar a los centros de medicina nuclear con recomendaciones referentes a la indicación, preparación, realización, interpretación y reporte de los estudios de SPECT utilizando Ga<sup>67</sup>.

### 14.2. INFORMACIÓN GENERAL

Es una técnica que permite obtener imágenes tomográficas tridimensionales de la distribución del Ga<sup>67</sup>, cuya captación tumoral está relacionada principalmente con la presencia de receptores de transferrina en las células neoplásicas viables.

### 14.3. INDICACIONES

Actualmente, la indicación más aceptada se refiere a la estadificación y evaluación post-tratamiento de las linfopatías tumorales (enfermedad de Hodgkin y linfoma no-Hodgkin). Sin embargo el uso de PET/CT, cuando esta técnica se encuentra disponible, es de elección para estas aplicaciones.

### 14.4. PROCEDIMIENTOS PRE-ADQUISICIÓN

#### 14.4.1. Preparación del paciente:

- a) Dieta rica en fibra desde el día anterior a la administración de la dosis, a fin de favorecer el tránsito intestinal.
- b) La noche previa a las imágenes de 48 y 72 horas, se recomienda un laxante suave.
- c) En caso de necesitar esclarecer hallazgos abdominales se puede administrar un enema *inmediatamente antes de* la adquisición de las imágenes; o bien adquirir imágenes tardías ( $\geq 96$  horas).

#### 14.4.2. Información pertinente para la realización del procedimiento:

- a) Historia clínica completa.
- b) Resultados de exámenes realizados recientemente (TC, RM, ecografía, biopsia).
- c) Tratamientos recibidos y fecha de los mismos.
- d) Consignar la presencia de posibles focos inflamatorios y/o infecciosos.
- e) Consignar intervenciones quirúrgicas, traumas recientes, procedimientos diagnósticos invasivos.

#### 14.4.3. Precauciones especiales:

- a) Debe haber transcurrido al menos tres semanas del último ciclo de quimioterapia. Si existe necesidad de iniciar la terapia urgentemente, se puede administrar el Ga<sup>67</sup> 24 horas antes del comienzo de la misma.

- b) En pacientes con sospecha de saturación excesiva de transferrina (transfusiones múltiples, tratamiento con hierro, administración de gadolinio en las últimas 24 horas, etc), se deberán evaluar los niveles de saturación ya que la misma producirá modificaciones en la biodistribución y eventuales falsos negativos. En este caso, se podría marcar *in vitro* con Ga<sup>67</sup> el plasma de un donante histocompatible e inyectarlo al paciente. Sin embargo, este no es un procedimiento de rutina en la exploración con Ga-67.

## 14.5. RADIOFÁRMACO Y DOSIS

**14.5.1. Radiofármaco:** Citrato de galio-67.

**14.5.2. Dosis:**

- Adultos: 296-370 MBq (8-10 mCi).
- Niños: 4,2 MBq/kg (110 µCi/kg). Dosis máxima: 296 MBq (8 mCi). Dosis mínima: 18 MBq (0,5 mCi).

**14.5.3. Dosimetría:** ver Anexo II.

**14.5.4. Vía de administración:** endovenosa.

**14.5.5. Lapso inyección/adquisición:** De rutina, 72 y 96 horas. En linfopatías tumorales sin embargo, puede ser recomendable directamente comenzar a las 96 horas y repetir la adquisición a los 8-10 días si persisten dudas diagnósticas.

**14.5.6. Control de calidad:** En general, el Ga<sup>67</sup> ya se recibe listo para su administración, siendo sólo necesario el fraccionamiento para el ajuste de la dosis a inyectar.

## 14.6. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

**14.6.1. Cámara:**

Fotopicos en 93, 184 y 296 keV con ventana de 20% en todos ellos. Las cámaras multidetector son ideales para estudios de SPECT con Ga<sup>67</sup>.

**14.6.2. Colimador:**

Energías medias (de no contar con éste, utilizar de alta energía).

**14.6.3. Posicionamiento del paciente:**

En decúbito dorsal, de manera confortable. En la exploración torácica, los miembros superiores se colocarán flexionados encima de la cabeza.

**14.6.4. Radio de rotación:**

El menor posible a fin de optimizar la resolución espacial.

**14.6.5. Matriz y zoom:**

Matriz de 64x64, en general sin factor de magnificación.

#### **14.6.6. Órbita:**

Preferiblemente de contorno aunque puede usarse elíptica o circular; modo paso y disparo o continuo, 360 grados alcanzando un tiempo total de 30-45 minutos.

#### **14.6.7. Número de pasos y tiempo por proyección:**

60-64 proyecciones a razón de 40 segundos por cada una.

### **14.7. PROCESAMIENTO**

**14.7.1.** Análisis de las proyecciones “crudas” en modo cine verificando la integridad de los datos e identificando eventual movimiento del paciente.

**14.7.2.** Limitar la reconstrucción a la zona de interés.

**14.7.3.** Reconstruir mediante retroproyección filtrada con parámetros dependientes de la experiencia y criterio del operador, el órgano en estudio y la dosis empleada. En general, se obtendrán buenos resultados mediante un filtro Butterworth, debiendo ensayarse distintas frecuencias de corte.

**14.7.4.** Recientemente se ha introducido la reconstrucción por métodos iterativos, los cuales se encuentran ya implementados en la mayoría de los nuevos sistemas. Sin embargo, no existe aún evidencia sólida de sus ventajas en estudios de Ga<sup>67</sup>.

**14.7.5.** En general, no se aplicará corrección de atenuación para Ga<sup>67</sup> ya que requeriría de fórmulas complejas, con distintos coeficientes para cada pico energético. Los fotones de mayor energía sufren menos atenuación que el Tc<sup>99m</sup>. En el caso de optarse por utilizar corrección de atenuación con coeficiente constante, se deberá emplear 0,08 cm<sup>-1</sup>. Sin embargo, debido que el tórax presenta atenuación no uniforme no se empleará el método de Chang sino que es preferible usar mapas de transmisión o sintéticos.

**14.7.6.** Reorientación de los cortes según los planos transversal, coronal y sagital.

**14.7.7.** Aplicación de zoom post-reconstrucción para facilitar la visualización e interpretación de las imágenes, según el órgano y región en estudio.

**14.7.8.** Reconstrucción 3D de superficie (opción útil si se emplean los umbrales de aceptación adecuados).

**14.7.9.** Presentación del estudio incluyendo cortes tomográficos en los 3 planos ortogonales, y eventualmente una reconstrucción tridimensional de superficie en modo cine (Anexo III, fig. 6). Se aconseja el uso de una escala continua (grises o incandescente –“hot iron”).

**14.7.10.** Las imágenes de SPECT se acompañarán siempre de imágenes planares correspondientes a la zona en estudio.

## 14.8. INTERPRETACIÓN

- 14.8.1. Definir áreas focales o difusas de concentración anormal de Ga<sup>67</sup>.
- 14.8.2. Es importante la comparación con estudios basales (antes de instaurar el tratamiento), que documenten la afinidad del tumor por el radiotrazador y la biodistribución individual.
- 14.8.3. Puede haber captación fisiológica en el timo, especialmente en niños, y en la glándula mamaria de mujeres jóvenes o en lactancia. La radio y quimioterapia pueden aumentar la captación en glándulas lacrimales y salivares, así como disminuirla en la masa tumoral.
- 14.8.4. En captaciones torácicas parahiliares simétricas, se deberá tener en cuenta su intensidad y antecedentes de radio o quimioterapia y tabaquismo.

## 14.9. INFORME O REPORTE DEL ESTUDIO

- 14.9.1. Reseña clínica y justificación del examen.
- 14.9.2. Descripción resumida de la técnica utilizada.
- 14.9.3. Descripción de anomalías (por lo general las áreas patológicas presentan hipercaptación focal de Ga<sup>67</sup>, de intensidad al menos igual a la del hueso): número, extensión, severidad, localización.
- 14.9.4. Correlación con los hallazgos clínicos, morfológicos y comparación con otros estudios gammagráficos (cambios evolutivos).
- 14.9.5. Interpretación y conclusiones: se intentará responder a la interrogante clínica concreta (la más frecuente es: frente a una masa mediastinal o abdominal detectada por métodos morfológicos, ¿el paciente tiene una recidiva de su enfermedad o se trata de tejido fibroso residual post-tratamiento?).

## NOTAS

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## 15.- SPECT CON GALIO-67 EN INFLAMACIÓN E INFECCIÓN

### 15.1. PROPÓSITO

El propósito de este protocolo es ayudar a los centros de medicina nuclear con recomendaciones referentes a la indicación, preparación, realización, interpretación y reporte de los estudios de SPECT utilizando Ga<sup>67</sup>.

### 15.2. INFORMACIÓN GENERAL

Es una técnica que permite obtener imágenes tomográficas tridimensionales de la localización de Ga<sup>67</sup>, cuya biodistribución se altera por la captación en procesos inflamatorios e infecciosos.

### 15.3. INDICACIONES

**15.3.1.** Definir imágenes dudosas en estudios planares de cuerpo entero.

**15.3.2.** Localizar topográficamente focos de inflamación / infección. El estudio con Ga<sup>67</sup> se ha usado para investigar tuberculosis, sarcoidosis e infecciones piógenas agudas como osteomielitis y abscesos de partes blandas. También es de utilidad para la detección precoz de neumonía por pneumocistis carinii en pacientes con SIDA, pero el SPECT no supera las imágenes planares en este caso. También está indicado el Ga-<sup>67</sup> para estudiar pacientes con fiebre de origen desconocido, ya que puede detectar focos infecciosos o neoplasias ocultas.

### 15.4. PROCEDIMIENTOS PRE-ADQUISICIÓN

#### 15.4.1. Preparación del paciente

- a) Dieta rica en fibra desde el día anterior a la administración de la dosis (si corresponde).
- b) La noche previa a las imágenes de 48 y 72 horas (si corresponde realizarlas): laxante suave, si no está contraindicado.
- c) En caso de necesitar esclarecer hallazgos abdominales se puede administrar un enema *inmediatamente antes* de la adquisición de las imágenes; o bien adquirir imágenes tardías ( $\geq 72$  horas).

#### 15.4.2. Información pertinente para la realización del procedimiento:

- a) Historia clínica completa.
- b) Resultados de exámenes realizados recientemente (TC, RM, US, biopsia).
- c) Medicamentos que está recibiendo y cuándo fueron administrados, especialmente antibióticos.
- d) Consignar la presencia de procesos ávidos por Ga<sup>67</sup> o presencia de inmunosupresión.

- e) Consignar intervenciones quirúrgicas, traumas recientes, procedimientos diagnósticos invasivos.
- f) Consignar transfusiones múltiples, tratamiento con hierro, administración de gadolinio (estudio de RM) en las últimas 24 horas.

## **15.5. RADIOFÁRMACO Y DOSIS**

**15.5.1. Radiofármaco:** Citrato de galio-67.

### **15.5.2. Dosis:**

- a) Adultos: 150-220 MBq (4-6 mCi).
- b) Niños: 1,5-2,6 MBq/kg (40-70  $\mu$ Ci/kg). Dosis máxima: 220 MBq (6 mCi). Dosis mínima: 9-18 MBq (0,25-0,5 mCi).

**15.5.3. Dosimetría:** ver Anexo II.

**15.5.4. Vía de administración:** endovenosa.

**15.5.5. Lapso inyección/adquisición:** 24 y/o 48 horas. Opcional: 6 horas (para urgencias) y 72 o más horas (para aclarar hallazgos abdominales).

## **15.6. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES**

Ver sección anterior sobre Ga<sup>67</sup> en oncología.

## **15.7. PROCESAMIENTO**

Ver sección anterior sobre Ga<sup>67</sup> en oncología.

## **15.8. INTERPRETACIÓN**

**15.8.1.** Definir áreas focales o difusas de concentración anormal de Ga<sup>67</sup>.

**15.8.2.** Comparar con otros estudios gamagráficos (p.ej. estudio óseo de 3 fases para osteomielitis, estudios con leucocitos o glóbulos rojos marcados).

## **15.9. INFORME O REPORTE DEL ESTUDIO**

**15.9.1.** Breve reseña de historia clínica e interrogante a responder.

**15.9.2.** Descripción resumida de la técnica utilizada.

**15.9.3.** Descripción de sitios de captación anormal: número, extensión, severidad (intensidad de captación) y localización; su correlación con los hallazgos clínicos, morfológicos y de otros estudios gamagráficos.





## **16.- SPECT DE COINCIDENCIA CON <sup>18</sup>F- FDG EN ONCOLOGÍA**

### **16.1. PROPÓSITO**

El propósito de este protocolo es ayudar a los centros de medicina nuclear con recomendaciones referentes a la indicación, preparación, realización, interpretación y reporte de los estudios realizados en sistemas de coincidencia con desoxiglucosa marcada con flúor-18, un trazador de metabolismo celular, para la evaluación de tumores. Los sistemas SPECT de coincidencia han caído en desuso a favor del PET y PET/CT, aunque en algunos servicios aun son empleados.

### **16.2. INFORMACIÓN GENERAL**

Los sistemas de coincidencia permiten obtener imágenes tomográficas tridimensionales de la distribución de F<sup>18</sup>-fluorodesoxiglucosa, cuya captación está correlacionada con el metabolismo regional de glucosa. Los sistemas SPECT equipados con colimadores de 511 keV no son recomendables para la evaluación de tumores.

### **16.3. INDICACIONES**

**16.3.1.** Detección y seguimiento de tumores primitivos y sitios metastásicos.

**16.3.2.** Diagnóstico diferencial entre viabilidad tumoral, fibrosis y necrosis.

### **16.4. PROCEDIMIENTOS PRE-ADQUISICIÓN**

**16.4.1.** Preparación del paciente: Ayuno de 12 horas.

**16.4.2.** Información pertinente para la realización del procedimiento:

- a) Historia clínica completa.
- b) Resultados de exámenes realizados (TC, RM, ecografía, biopsia).
- c) Consignar intervenciones quirúrgicas, traumas recientes, procedimientos diagnósticos invasivos, así como la presencia de sitios de inflamación o infección.

### **16.5. RADIOFÁRMACOS Y DOSIS**

**16.5.1. Radiofármaco:** F<sup>18</sup>- fluorodesoxiglucosa.

**16.5.2. Dosis:** 111-175 MBq (3-5 mCi).

**16.5.3. Dosimetría:** ver Anexo II.

**16.5.4. Vía de administración:** endovenosa.

**16.5.5. Lapso inyección/adquisición:** 60 minutos.

**16.5.6. Precauciones:** Es importante que el paciente se mantenga en reposo, sin hablar o moverse durante este periodo.

**16.5.7. Control de calidad:** Es necesario para cada dosis de FDG marcada.

## **16.6. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES**

**16.6.1.** Se recomienda el uso preferencial de equipos con sistemas de coincidencia, debido a la baja resolución y sensibilidad de los sistemas SPECT equipados con colimadores para 511 keV. En general, los sistemas de coincidencia consisten en cámaras de doble cabezal con circuitos electrónicos adaptados.

**16.6.2.** Ajustar picos energéticos para 511 keV con ventana de 15%. Puede utilizarse una segunda ventana en 309 keV para incrementar el conteo.

**16.6.3.** Órbita circular con 64 proyecciones, 30-40 seg por imagen.

**16.6.4.** Cuando esté disponible, adquirir imágenes de transmisión con fuentes de Cs<sup>137</sup> para corregir la atenuación en la evaluación de estructuras profundas.

## **16.7. PROCESAMIENTO**

Se procederá de acuerdo a las recomendaciones del fabricante del equipo, publicaciones existentes o la experiencia de cada grupo de trabajo.

## **16.8. CRITERIOS DE INTERPRETACIÓN**

**16.8.1.** Tomar en cuenta captación fisiológica en cerebro, miocardio, hígado.

**16.8.2.** Definir áreas focales o difusas de concentración anormal del radiotrazador. Tomar en cuenta la relativa inespecificidad de la FDG, que puede acumularse en sitios de inflamación y tumores benignos que presenten alta tasa metabólica.

**16.8.3.** Correlacionar con estudios gamagráficos previos y otros métodos de diagnóstico por imágenes.

## **16.9. INFORME O REPORTE DEL ESTUDIO**

**16.9.1.** Breve reseña clínica y problema a resolver.

**16.9.2.** Descripción resumida de la técnica utilizada.

**16.9.3.** Descripción de anomalías: número, extensión, severidad, localización; su correlación con los hallazgos clínicos, morfológicos y de otros estudios gamagráficos.

**16.9.4.** Interpretación y conclusiones.



## V.- BIBLIOGRAFIA

### **SPECT: FUNDAMENTOS, CONTROL DE CALIDAD Y PROTOCOLOS TÉCNICOS**

- English RJ, Brown SE. SPECT: A primer. Society of Nuclear Medicine, New York (3a edición: 1997).
- Fulton RR, Hutton BF: The computer and its application in Nuclear Medicine. DL Bailey, JA Parker: Single photon emission computed tomography. En: Murray IPC, Ell PJ (eds). Nuclear Medicine in Clinical Diagnosis and Treatment. Churchill Livingstone, Edinburgh (2a edición: 1998).
- Hines H et al. Recommendations for implementing SPECT instrumentation quality control. Nuclear Medicine Section - National Electrical Manufacturers Association (NEMA). *Eur J Nucl Med* 1999;26:527-32.
- Control de Calidad de los Instrumentos de Medicina Nuclear, 1991. IAEA-TECDOC-602/S. Organismo Internacional de Energía Atómica. Viena, 1996.
- Levi de Cabrejas M (ed.). Tomografía en Medicina Nuclear. Comité de Instrumentación y Garantía de Calidad de ALASBIMN. Buenos Aires, 1999.
- Núñez, M. SPECT: Protocolos técnicos. *Alasbimn Journal* 2000;3(9).
- Groch MW, Erwin WD. Single-photon emission computed tomography in the year 2001: Instrumentation and quality control. *J Nucl Technol* 2001;29:9-15.

### **SPECT CEREBRAL (PERFUSION / TUMORES/GANGLIOS BASALES)**

- Society of Nuclear Medicine Brain Imaging Council. *J Nucl Med* 1996;37:1256-9.
- O'Connor MK (ed.), *The Mayo Clinic Manual of Nuclear Medicine*, Churchill & Livingstone, 1996.
- Abdel-Dayem HM et al.: Thallium-201 chloride and Tc99m-sestamibi tumor imaging. *Nuclear Medicine Annual* 1996.
- Chou KL, Hurtig HI, Stern MB, Colcher A, Ravina B, Newberg A, et al. Diagnostic accuracy of [<sup>99m</sup>Tc] TRODAT-1 SPECT imaging in early Parkinson's disease. *Parkinsonism and Related Disorders* 2004;10:375-9.

### **SPECT CARDÍACO**

- Imaging guidelines for nuclear cardiology procedures. American Society of Nuclear Cardiology. Myocardial perfusion SPECT protocols. *J Nucl Cardiol* 1996;3:G34-46.
- Imaging guidelines for nuclear cardiology procedures, part 2. American Society of Nuclear Cardiology. *J Nucl Cardiol* 1999;6:G47-84.
- Cerqueira MD. The user-friendly nuclear cardiology report: what needs to be considered and what is included. *J Nucl Cardiol* 1996;3:350-5.
- Bateman TM et al. Position statement on electrocardiographic gating of myocardial perfusion SPECT scintigrams. American Society of Nuclear Cardiology. *J Nucl Cardiol* 1999;6:470-1.

### **SPECT DE PARATIROIDES**

- MOKA D, VOTH E, DIETLEIN M, LARENA-AVELLANEDA A, SCHICHA H. TECHNETIUM 99M-MIBI-SPECT: A HIGHLY SENSITIVE DIAGNOSTIC TOOL FOR LOCALIZATION OF PARATHYROID ADENOMAS. *SURGERY* 2000;128:29-35.

### **SPECT ÓSEO**

- Gates GF. SPECT bone scanning of the spine. *Semin Nucl Med* 1998;28:78-94.
- Murray IP, Dixon J. The role of single photon emission computed tomography in bone scintigraphy. *Skeletal Radiol* 1989;18:493-505.
- Etchebehere EC et al. Orthopedic pathology of the lower extremities: scintigraphic evaluation in the thigh, knee, and leg. *Semin Nucl Med* 1998;28:41-61.

### **SPECT HEPATOESPLÉNICO-COLOIDE**

- Brendel AJ et al. Single photon emission computed tomography (SPECT), planar scintigraphy, and transmission computed tomography: a comparison of accuracy in diagnosing focal hepatic disease. *Radiology* 1984;153:527-32.
- Mut F et al. Optimun processing protocols for volume determination of the liver and spleen from SPECT imaging with technetium - 99m sulfur colloid. *J Nucl Med* 1988;29:1768-75.
- Fawcett HD, Sayle BA. SPECT vs. planar liver scintigraphy: is SPECT worth it? *J Nucl Med* 1989;30:57-9.

### **SPECT ABDOMINAL-GLÓBULOS ROJOS**

- Van Heertum RL, Brunetti JC, Yudd AP. Abdominal SPECT imaging. *Semin Nucl Med* 1987;17:230-46.
- Siegel A, Mazurek R. Early dynamic SPECT acquisition for the imaging of hepatic hemangiomas utilizing Tc-99m labeled red blood cells. *Clin Nucl Med* 1997;22:745-8.
- Middleton ML. Scintigraphic evaluation of hepatic mass lesions: emphasis on hemangioma detection. *Semin Nucl Med* 1996; 26:4-15.

### **SPECT PULMONAR**

- Touya JJ et al. Single photon emission computed tomography in the diagnosis of pulmonary thromboembolism. *Semin Nucl Med* 1986;16:306-36.
- Palla A et al. Planar versus SPECT studies in lung disease. *J Nucl Biol Med* 1994;38:22-36.
- Mitomo O et al. Quantitative analysis of nonuniform distributions in lung perfusion scintigraphy. *J Nucl Med* 1998;39:1630-5.

### **SPECT RENAL**

- Merguerian PA et al. Utility of SPECT DMSA renal scanning in the evaluation of children with primary vesicoureteral reflux. *Urology* 1999;53:1024-8.

- Yen TC et al. Technetium-99m-DMSA renal SPECT in diagnosing and monitoring pediatric acute pyelonephritis. *J Nucl Med* 1996;37:1349-53.
- Mouratidis B, Ash JM, Gilday DL. Comparison of planar and SPECT 99Tcm-DMSA scintigraphy for the detection of renal cortical defects in children. *Nucl Med Commun* 1993;14:82-6.

### **SPECT EN ONCOLOGÍA**

- Podoloff DA, Kim EE, Haynie TP. SPECT in the evaluation of cancer patients: not quo vadis; rather, ibi fere summus. *Radiology* 1992;183:305-17.
- Gritters LS, Wahl RL. Single photon emission computed tomography in cancer imaging. *Oncology* 1993;7:59-70.
- DeLand FH, Shih WJ. The status of SPECT in tumor diagnosis. *J Nucl Med* 1984; 25: 1375-9.

### **TALIO-201 y Tc99m-SESTAMIBI EN ONCOLOGÍA**

- Nadel HR. Thallium-201 for oncological imaging in children. *Semin Nucl Med* 1993;23:243-54.
- Aktolun C, Bayan H, Kir M. Clinical experience with Tc99m-MIBI imaging in patients with malignant tumors. Preliminary results and comparison with Tl-201. *Clin Nucl Med* 1992;17:171-6.
- Abdel-Dayem HM et al. Role of Tl-201 chloride and Tc-99m-sestamibi in tumor imaging. 181-234. *Nucl Med Annual*, 1994.

### **SPECT CON GALIO-67**

- Rossleigh MA et al. Pediatric solid tumors: evaluation by gallium-67 SPECT studies. *J Nucl Med* 1990;31:168-72.
- Tan TX, Gelfand MJ. Ga-67 scintigraphy in pediatric patients. Comparison of extended SPECT of the chest and abdomen with planar imaging. *Clin Nucl Med* 1996;21:717-9.
- Front D, Israel O. Present state and future role of gallium-67 scintigraphy in lymphoma. *J Nucl Med* 1996; 37: 530-2.

### **FDG EN ONCOLOGÍA**

- Schelbert H et al. Procedure guideline for tumor imaging using fluorine-18-FDG. *J Nucl Med* 1998;39:1302-5.
- Delbeke D et al. Positron imaging in Oncology: present and future. *Nuclear Med Annual* 1998;1-49.
- Delbeke D. Oncological applications of FDG PET imaging: brain tumors, colorectal cancer, lymphoma and melanoma. *J Nucl Med* 1999;40:591-603.
- Delbeke D. Oncological applications of FDG PET imaging. *J Nucl Med* 1999;40:1706-15.

## ANEXO I:

### **BASES GENERALES PARA LA ADQUISICIÓN, PROCESAMIENTO, PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE ESTUDIOS SPECT**

#### **1.- ADQUISICIÓN**

En los puntos siguientes se sugieren parámetros de adquisición para obtener un estudio SPECT de buena calidad diagnóstica. Las variables incluyen la necesidad de obtener una adecuada cantidad de cuentas y la posibilidad de movimiento del paciente durante el estudio. Asimismo, se recomienda que ningún estudio de SPECT sobrepase los 30-45 minutos. Para ello se deberá alcanzar un compromiso entre los parámetros de adquisición ideales y los compatibles con una duración tolerable para el paciente.

##### **1.1. Elección de la matriz:**

Esta depende de la resolución buscada (1/3 FWHM) y de la energía del radionucleido utilizado. Si es aceptable un estudio de baja resolución se puede emplear una matriz de 64 x 64, mientras que si se desea un estudio de alta resolución:

- Usando un isótopo de baja energía (FWHM 12 mm)  $\Rightarrow$  128 x 128.
- Usando un isótopo de media energía (FWHM 20 mm)  $\Rightarrow$  64 x 64.

En general, se puede adquirir en modo byte siempre que el tiempo de adquisición o la tasa de conteo no sea tal que sature la imagen; el modo word se usaría en casos con estructuras muy captantes.

##### **1.2. Determinación del número de pasos angulares:**

Al adquirir mayor cantidad de pasos, disminuye el ruido introducido por la retroproyección (efecto en "estrella") y se incrementa la resolución.

- Matriz 64 x 64  $\cong$  64 pasos.
- Matriz 128 x 128  $\cong$  128 pasos.

##### **1.3. Determinación de la estadística de conteo / tiempo por proyección:**

Se postula que la mayor cantidad de cuentas por proyección incrementa la resolución. Se sugiere observar las cuentas /segundo en la imagen de persistencia para calcular el tiempo de adquisición por proyección, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Matriz 64 x 64  $\cong$  25K-50K cuentas/proyección.
- Matriz 128 x 128  $\cong$  50K-100K cuentas/proyección.

##### **1.4. Orbita:**

- 360 grados: Órganos simétricos o voluminosos circunferenciales que poseen partes cercanas a la superficie corporal en todas las proyecciones (hígado, cerebro, pulmón, etc), o estudios en que se debe realizar una exploración completa a ciegas (galio 67, monoclonales).
- 180 grados: Órganos para-axiales (corazón, tiroides, columna, maxilar, riñón, etc).

- Circular vs. no circular: Si bien existe controversia en cuanto al tipo de órbita, actualmente se acepta cualquier variante, siempre que se mantenga la menor distancia radial posible y no se generen cambios significativos en la resolución entre las distintas posiciones angulares.
- Paso y disparo vs. modo continuo: La primera permite mayor resolución pues el detector está inmóvil en cada paso; es el más comúnmente empleado. La segunda permite mayor velocidad de estudio ya que se ahorra el tiempo de desplazamiento entre paso y paso. Algunos sistemas SPECT poseen la capacidad de adquirir con un método mixto, el cual presenta mejor resolución que el continuo y mayor velocidad que el paso y disparo.

## 2.- PROCESAMIENTO

### 2.1 Prefiltrado:

- Se emplea cuando existe baja estadística de conteo en la adquisición.
- También puede ser utilizado cuando el programa de reconstrucción 3D (que genera cortes sagitales y coronales a la vez que los transversales) no posee un filtro vertical o interslice (entre-cortes).
- Generalmente se aplica un filtro de 9 puntos: filtro de suavizado (smooth o low-pass).

### 2.2 Corrección de atenuación:

Se debería utilizar siempre en órganos o estructuras macizas, centrales y/o voluminosas (hígado, cerebro). La corrección se realiza luego de la reconstrucción de cortes transversales o transaxiales.

Existen dos tipos de métodos de corrección:

- Métodos que asumen un factor de atenuación constante (el más utilizado es el método de Chang). Se sugiere modificar el factor dependiendo del radionucleido empleado:

Tecnecio-99m.....0,09 - 0,14  $\text{cm}^{-1}$ .

Galio-67.....0,08  $\text{cm}^{-1}$ .

(En casos en los que se utilizan radionucleidos de alta y mediana energía, no es crítica la corrección dado que la atenuación por el tejido es poco significativa).

- Métodos que asumen una atenuación variable. Se utilizan mapas de corrección obtenidos mediante fuentes externas que generan un estudio de transmisión. Este método requiere equipos que cuentan con barras de gadolinio-153 u otro radionucleido para obtener en cada punto de un corte su factor real de atenuación ( $\mu$ ). También existen equipos con fuentes de rayos X o tomógrafo incluido. Este tipo de corrección es importante en tórax, donde existen distintos medios atenuadores (aire – pulmones, hueso – vértebras, agua –tejidos). Es necesario asegurarse del funcionamiento adecuado de estos métodos en cada equipo, que presentan requerimientos tanto de hardware como de software.



### 2.3 Retroproyección filtrada:

- Es el método de reconstrucción más utilizado en SPECT. Siempre se debe aplicar el filtro rampa. Este es un filtro que deja pasar las altas frecuencias (*high-pass*) limitando las bajas. De esta manera se optimiza la resolución de la imagen y se elimina buena parte de la radiación de fondo (background) que se sitúa en frecuencias intermedias a bajas. Como contrapartida, este filtro incrementa el componente de las altas frecuencias (ruido).
- Posteriormente se debe aplicar una función o ventana (también considerada habitualmente como un filtro) que disminuya el componente de ruido. Para ello existen filtros suavizadores y restauradores:
  - *Suavizadores*: Butterworth, Hanning (*lowpass*). No modifican las bajas frecuencias, pero limitan las altas (ruido).
  - *Restauradores*: Wiener, Metz, filtros Gaussianos (*bandpass*). Producen aumento del contraste y resolución al potenciar las frecuencias medianas, y reducción del ruido al limitar las altas frecuencias.
- Todos estos filtros se definen además por una frecuencia de corte u otro parámetro que determina el umbral máximo de frecuencias que permite en la imagen reconstruida. La forma más común de referirse a este umbral es como fracción de la máxima frecuencia de Nyquist (p.ej., 0.5 Nyq. Implica que el filtro dejará pasar las frecuencias que se ubiquen hasta la mitad de la frecuencia máxima posible).
- Una disminución en la amplitud de las frecuencias altas elimina ruido y suaviza las imágenes, pero también reduce la apreciación de las estructuras finas (detalles de la imagen o resolución espacial). Por el contrario, un aumento en la amplitud de estas frecuencias enfatiza las estructuras finas, pero al mismo tiempo hace que la imagen se vea más ruidosa. Por ello, una frecuencia de corte alta aumenta la resolución pero también el ruido, y una frecuencia de corte baja produce el resultado inverso.
- La elección del filtro y su frecuencia de corte en estudios clínicos se determina empíricamente basándose en la cantidad total de cuentas, la resolución deseada y el tamaño de la matriz de imagen:
  - Un estudio con buena cantidad de cuentas y alta resolución requiere frecuencia de corte alta con un filtro *low-pass*.
  - Un estudio con escasa estadística requiere frecuencia de corte baja (disminución de las altas frecuencias).
- En general, se utilizan filtros suavizadores. Los restauradores se deberán reservar para estudios en los cuales la imagen no posea demasiado ruido, ya que este tipo de filtro lo exagera al menos parcialmente.

### 2.4 Reconstrucción Iterativa:

- La reconstrucción iterativa es un método o grupo de algoritmos usados para reconstruir imágenes 2D y 3D a partir de las proyecciones de un objeto. La técnica difiere mucho del método de retroproyección filtrada (FBP) comúnmente usado para la reconstrucción de imágenes en medicina nuclear. En tomografía computada (CT), este método no es ampliamente utilizado

debido principalmente al hecho de que es todavía mucho más lento que la FBP.

- El método iterativo fue el inicialmente utilizado por Hounsfield en el primer equipo de CT. Existe una gran variedad de algoritmos, pero cada uno comienza asumiendo la existencia de una imagen, calcula luego las proyecciones de la imagen, compara los datos de la proyección original y actualiza la imagen basándose en la diferencia entre las proyecciones calculadas y las reales, repitiéndose el proceso varias veces hasta alcanzar una imagen de calidad diagnóstica. Aunque conceptualmente este método es mucho más simple que la FBP, tradicionalmente para las aplicaciones médicas ha carecido de velocidad de ejecución y precisión. Esto es debido a la lentitud de convergencia del algoritmo y la alta demanda computacional. Por esta razón fue sustituido por el método de FBP en los primeros desarrollos del CT.
- Las mayores ventajas del método iterativo incluyen la insensibilidad al ruido y la capacidad de reconstruir una imagen casi óptima aun en el caso de contarse con datos incompletos. El método ha sido aplicado en modalidades de tomográfica de emisión como SPECT y PET, donde existe una significativa atenuación de la radiación en su trayecto por los tejidos y la estadística de conteo es relativamente pobre.
- En SPECT, la adquisición del estudio es prolongada y es esencial que no exista movimiento del paciente durante ese período ya que el movimiento causa una degradación significativa de las imágenes reconstruidas mediante FBP. Una distribución muy desigual del radiofármaco también tiene el potencial de producir artefactos: un área de actividad muy intensa (como por ejemplo, la vejiga) puede causar rayas en la imagen (streaking artifact) y oscurecer áreas de actividad vecinas. Esta es una limitación importante del algoritmo de reconstrucción mediante FBP. En cambio, la reconstrucción iterativa es un algoritmo menos sensible a estos artefactos y permite además corregir por atenuación, radiación dispersa (scatter) y compensar la pérdida de resolución en relación a la distancia.
- La atenuación de los rayos gama en el paciente puede conducir a una subestimación significativa de la actividad en tejidos profundos en comparación con tejidos superficiales. Es posible lograr una corrección aproximada basándose en la posición relativa de la actividad. Sin embargo, para obtener una corrección óptima se requiere de la medida de los valores reales de atenuación. Los equipos de SPECT que poseen un CT integrado permiten que la tomografía de rayos X genere un mapa de atenuación de los tejidos, y estos datos pueden ser incorporados a la reconstrucción iterativa del estudio de SPECT para corregir por atenuación.
- Los algoritmos iterativos de máxima probabilidad (Iterative Expectation-Maximization) son actualmente los métodos de reconstrucción preferidos en SPECT. El método OSEM (Ordered Subset Expectation Maximization) es un algoritmo ampliamente usado en las imágenes médicas tanto de PET como de SPECT, y menos frecuentemente en CT.

### **3.- PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO**

- 3.1. Presentación de la secuencia de cortes transversales / sagitales / coronales (ver Anexo III).
- 3.2. Indicar: radiofármaco, tiempo de adquisición y observaciones.
- 3.3. Opcional:
  - Seleccionar terna de cortes en el área patológica (triangulación).
  - Reconstrucción 3D.
  - Indicar las zonas patológicas con flechas u otras marcas.
- 3.4. Presentación preferencial de las imágenes en escala de grises. La escala de colores es opcional y puede ser de elección especialmente en estudios cardíacos y cerebrales.
- 3.5. Incluir imágenes planares de referencia.

### **4.- CRITERIOS BÁSICOS DE INTERPRETACIÓN**

- 4.1. Observar en modo cine las imágenes adquiridas, a fin de comprobar la integridad de los datos, evaluar si existió movimiento del paciente, u otras posibles fuentes de artefactos.
- 4.2. Las imágenes reconstruidas del estudio deben en lo posible ser interpretadas directamente desde la pantalla del computador.
- 4.3. Convencionalmente, en los cortes transversales o transaxiales vemos al paciente desde sus pies, o sea que la derecha del observador es la izquierda del paciente, la parte superior corresponde al sector anterior o ventral y la parte inferior al sector posterior o dorsal.
- 4.4. Se recomienda familiarización con la anatomía normal del órgano o región en estudio, especialmente la llamada "anatomía seccional" o "tomográfica" que hace hincapié en las relaciones topográficas entre órganos y estructuras.
- 4.5. Tener en cuenta que determinadas escalas de color pueden exagerar o disimular ciertos defectos o lesiones.
- 4.6. Considerar la biodistribución normal del radiofármaco utilizado y sus variantes.
- 4.7. Tomar en cuenta los aspectos ético-legales involucrados en la interpretación de estos estudios.

## ANEXO II:

### DOSIMETRÍA

#### Tc<sup>99m</sup> - HMPAO

<b>Actividad MBq (mCi)</b>	<b>Órgano crítico mGy (rad) [*]</b>	<b>Dosis Efectiva mSv (rem) [*]</b>
Adultos 555-1110 (15-30)	Riñones (0,126)	0,0092 (0,034)
Niños 7,4-11,1 (0,2-0,3)	Tiroides (0,52)	0,026 (0,096)

[\*] por MBq (mCi)

#### Tc<sup>99m</sup> - ECD

<b>Actividad MBq (mCi)</b>	<b>Órgano crítico mGy (rad) [*]</b>	<b>Dosis Efectiva mSv (rem) [*]</b>
Adultos 555-1110 (15-30)	Vejiga (0,27)	0,011 (0,041)
Niños 7,4-11,1 (0,2-0,3)	Vejiga (0,31)	0,023 (0,085)

[\*] por MBq (mCi)

#### Tc<sup>99m</sup> - Sestamibi

<b>Actividad MBq (mCi)</b>	<b>Órgano crítico mGy (rad) [*]</b>	<b>Dosis Efectiva mSv (rem) [*]</b>
Adultos 925-1110 (25-30)	Vesícula Biliar 0,39 (0,14)	0,0085 (0,031)
Niños ≈7,4 /kg (≈0,2 /kg)	Intestino grueso 0,16 (0,592)	0,045 (0,164)

[\*] por MBq (mCi)

**Talio<sup>201</sup>**

<b>Actividad MBq (mCi)</b>	<b>Órgano crítico mGy (rad) [*]</b>	<b>Dosis Efectiva mSv (rem) [*]</b>
Adultos 74-148 (2-4)	Riñones 0,54 (2,0)	0,23 (0,85)
Niños 1,85/kg (0,05/kg)	Testículos 18 (67) Tiroides 3,5 (12,9)	4,9 (17,87)

[\*] por MBq (mCi)

**Tc<sup>99m</sup> -MDP**

<b>Actividad MBq (mCi)</b>	<b>Órgano crítico mGy (rad) [*]</b>	<b>Dosis Efectiva mSv (rem) [*]</b>
Adultos 925-1110 (25-30)	Hueso 0,063 (0,23)	0,008 (0,03)
Niños (5 años) 9-11/kg (0,25-0,3/kg)	Hueso 0,22 (0,81)	0,025 (0,093)

[\*] por MBq (mCi)

**Tc<sup>99m</sup> -Sulfuro coloidal**

<b>Actividad MBq (mCi)</b>	<b>Órgano crítico mGy (rad) [*]</b>	<b>Dosis efectiva mSv (rem) [*]</b>
Adultos 187-259 (5-7)	Bazo 0,077 (0,28)	0,014 (0,051)
Niños 0,5-2,2/kg(0,04-0,06/kg)	Bazo 0,25 (0,93)	0,041 (0,15)

[\*] por MBq (mCi)

**Tc<sup>99m</sup> -glóbulos rojos**

<b>Actividad MBq (mCi)</b>	<b>Órgano crítico mGy (rad) [*]</b>	<b>Dosis efectiva mSv (rem) [*]</b>
Adultos 740-925 (20-25)	Corazón 0,023 (0,085)	0,0085 (0,031)
Niños 7-11/kg (0,2-0,3/kg)	Corazón 0,062 (0,23)	0,025 (0,093)

[\*] por MBq (mCi)

**Citrato de Galio<sup>67</sup>**

<b>Actividad MBq (mCi)</b>	<b>Órgano crítico mGy (rad) [*]</b>	<b>Dosis Efectiva mSv (rem) [*]</b>
Adultos 296-370 (8-10)	Médula ósea 0,59 (2,2)	0,12 (0,44)
Niños 3,7-7,4/kg (0,1-0,2/kg)	Médula ósea 2,3 (8,5)	0,38 (1,4)

[\*] por MBq (mCi)

**Tc<sup>99m</sup> -DMSA**

<b>Actividad MBq (mCi)</b>	<b>Órgano crítico mGy (rad) [*]</b>	<b>Dosis Efectiva mSv (rem) [*]</b>
Adultos 148-185 (4-5)	Riñón 0,17 (0,63)	0,016 (0,06)
Niños 1,5/kg (0,04/kg)	Riñón 0,42 (1,55)	0,04 (0,15)

[\*] por MBq (mCi)

**Tc<sup>99m</sup> -MAA**

<b>Actividad MBq (mCi)</b>	<b>Órgano crítico mGy (rad) [*]</b>	<b>Dosis efectiva mSv (rem) [*]</b>
Adultos 185-222 (5-6)	Pulmón 0,067 (0,248)	0,012 (0,044)
Niños 3,1/kg (0,085 / kg)	Pulmón 0,21 (0,777)	0,038 (0,14)

[\*] por MBq (mCi)

**Tc<sup>99m</sup>-anticuerpos monoclonales**

<b>Actividad MBq (mCi)</b>	<b>Órgano crítico mGy (rad) [*]</b>	<b>Dosis Efectiva mSv (rem) [*]</b>
Adultos 1110–2220 (30–60)	Hígado 0,024 (0,089)	0,0047 (0,017)

[\*] por MBq (mCi)

**F<sup>18</sup> - FDG**

<b>Actividad MBq (mCi)</b>	<b>Órgano crítico mGy (rad) [*]</b>	<b>Dosis efectiva mSv (rem) [*]</b>
Adultos 111-175 (3-5)	Vejiga 0,17 (0,63)	0,027 (0,10)

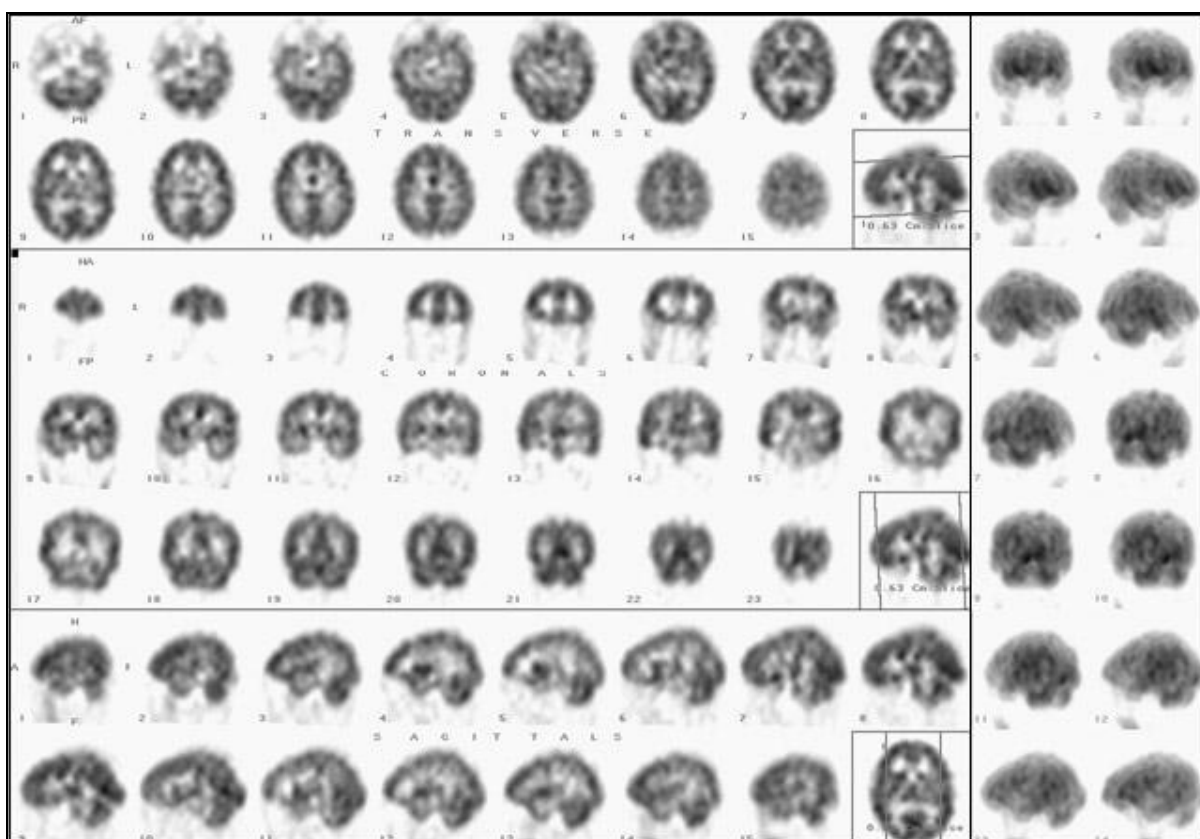
[\*] por MBq (mCi)

### ANEXO III:

#### PRESENTACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE ESTUDIOS SPECT

Se presentan a continuación algunos estudios de SPECT bajo el formato sugerido para su documentación e interpretación. Sin embargo, el formato puede ser muy variable según el software disponible y las preferencias del médico encargado de reportar el estudio.

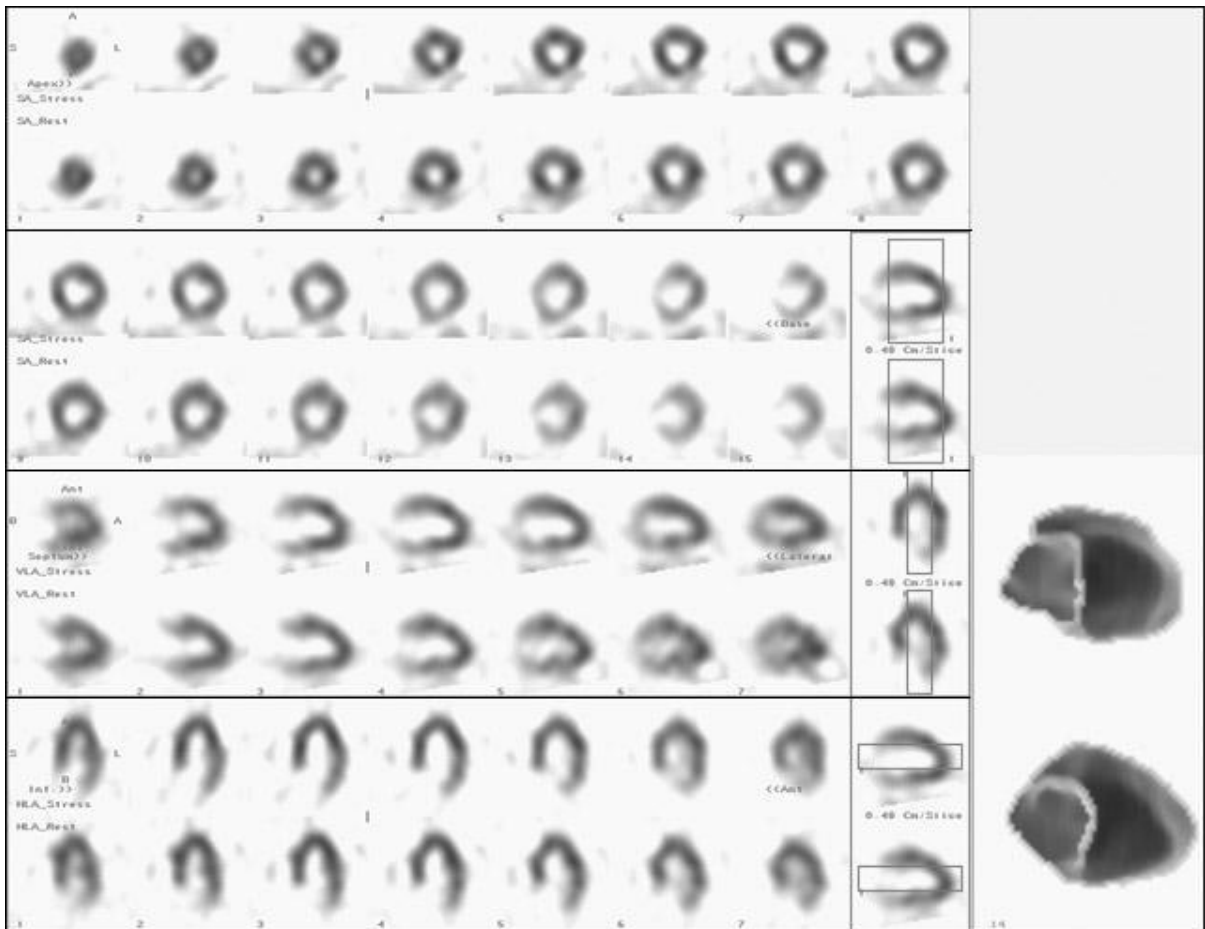
##### 1.- SPECT DE PERFUSIÓN CEREBRAL.



**Figura 1.** SPECT de perfusión cerebral con  $^{99m}\text{Tc}$ -ECD. Las dos filas superiores corresponden a los cortes transversales (o transaxiales), de abajo hacia arriba (desde el cerebelo hasta la convexidad del cerebro). Las tres filas centrales corresponden a los cortes coronales, de adelante hacia atrás (desde el lóbulo frontal hasta el occipital). Las dos filas inferiores corresponden a los cortes sagitales, desde el temporal derecho al temporal izquierdo. En la esquina inferior derecha de cada plano aparece una imagen de referencia indicando el rango de cortes tomográficos. Las dos columnas de la derecha corresponden a imágenes de la reconstrucción 3D de superficie (cortesía Servicio de Medicina Nuclear, AEPSM, Montevideo, Uruguay).

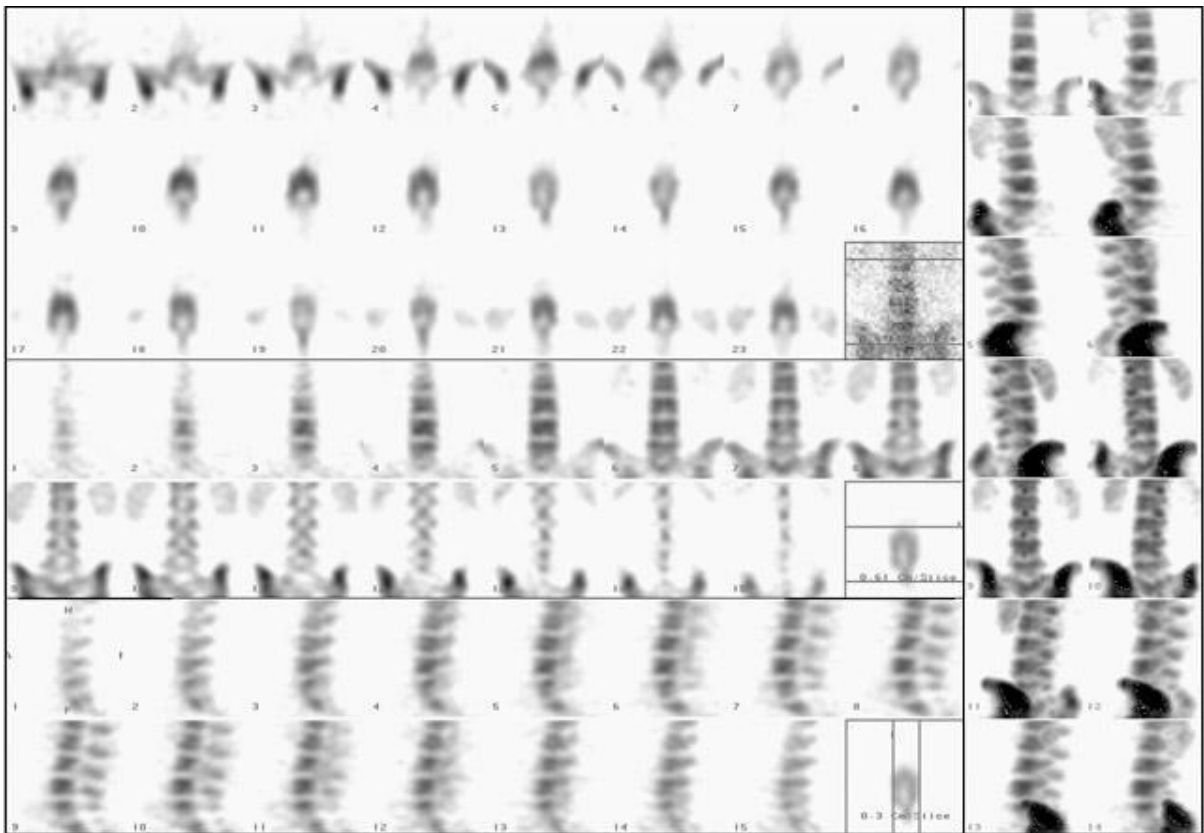


## 2.- SPECT CARDIACO.



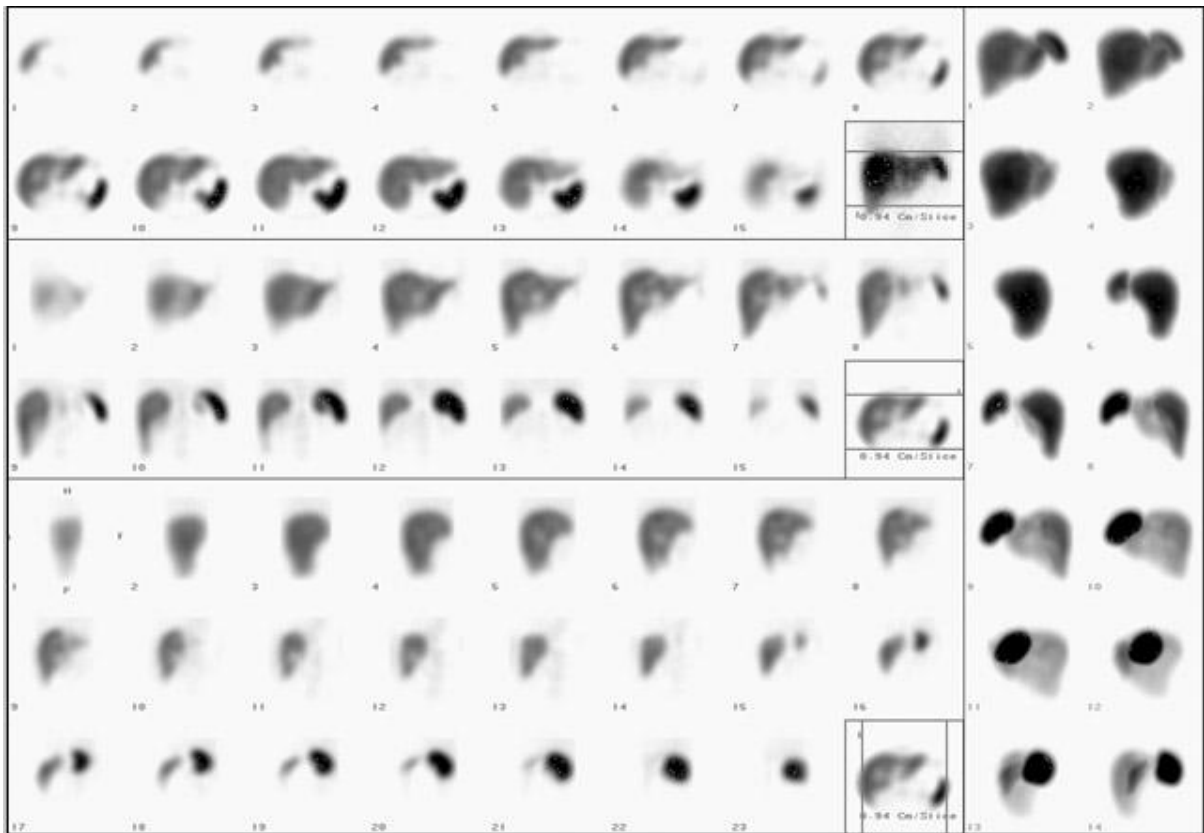
**Figura 2.** SPECT de perfusión miocárdica con  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI (estudios de esfuerzo y de reposo). Las cuatro filas superiores corresponden a los cortes de eje menor del ventrículo izquierdo, desde el ápex hasta la base. Las dos filas centrales corresponden a los cortes de eje mayor verticales, desde la pared septal a la pared lateral. Las dos filas inferiores corresponden a los cortes de eje mayor horizontales, desde la pared anterior hasta la pared inferior. A la derecha de cada plano aparece una imagen de referencia indicando el rango de cortes tomográficos. En la porción derecha de la imagen se representan las imágenes 3D de superficie del estudio de esfuerzo y de reposo. Pueden incluirse mapas polares y/o datos de función ventricular derivados del estudio gavillado o “gated SPECT” (cortesía Servicio de Medicina Nuclear, AEPSM, Montevideo, Uruguay).

### 3.- SPECT ÓSEO.



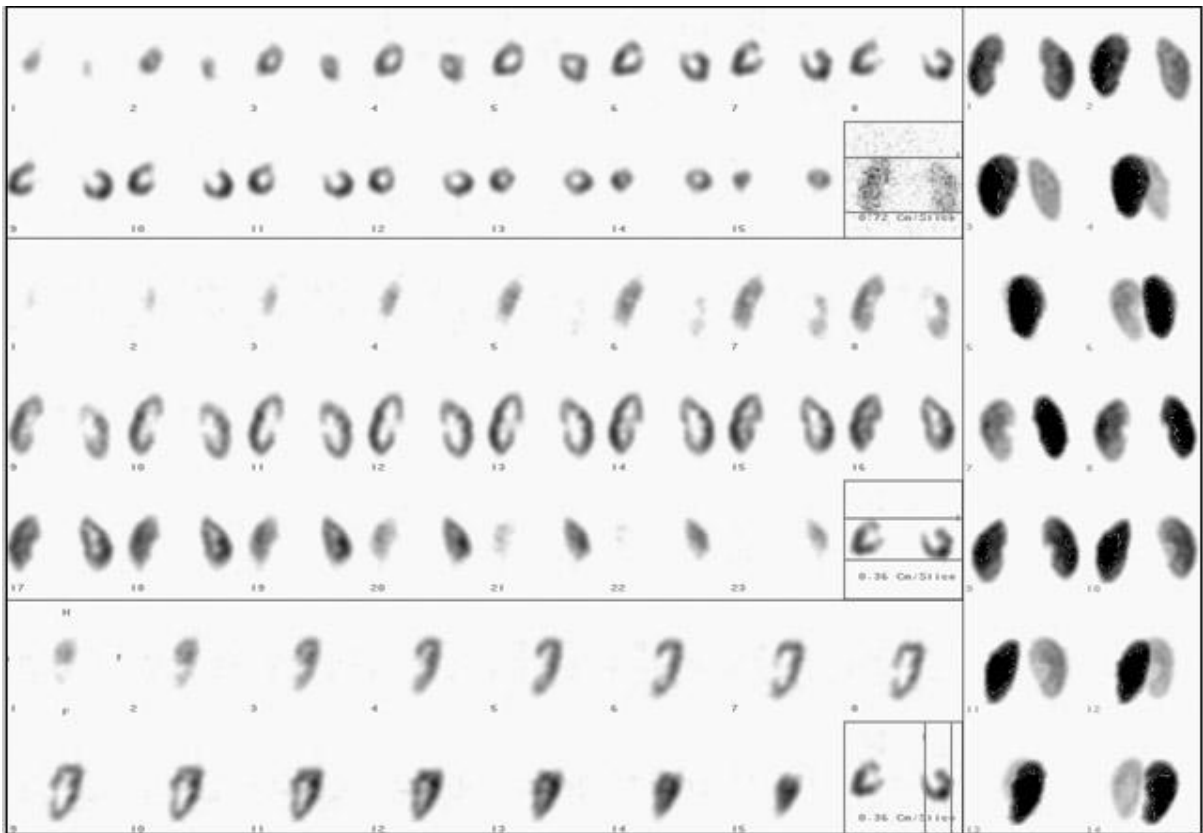
**Figura 3.** SPECT óseo de columna lumbar con  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP. Las tres filas superiores corresponden a los cortes transversales (o transaxiales), de abajo hacia arriba (desde el sacro hasta la primera vértebra lumbar). Las dos filas centrales corresponden a los cortes coronales (de adelante hacia atrás). Las dos filas inferiores corresponden a los cortes sagitales (de derecha a izquierda). En la esquina inferior derecha de cada plano aparece una imagen de referencia indicando el rango de cortes tomográficos. Las dos columnas de la derecha corresponden a imágenes de la reconstrucción 3D de superficie (cortesía Servicio de Medicina Nuclear, AEPSM, Montevideo, Uruguay).

#### 4.- SPECT HEPATOESPLÉNICO.



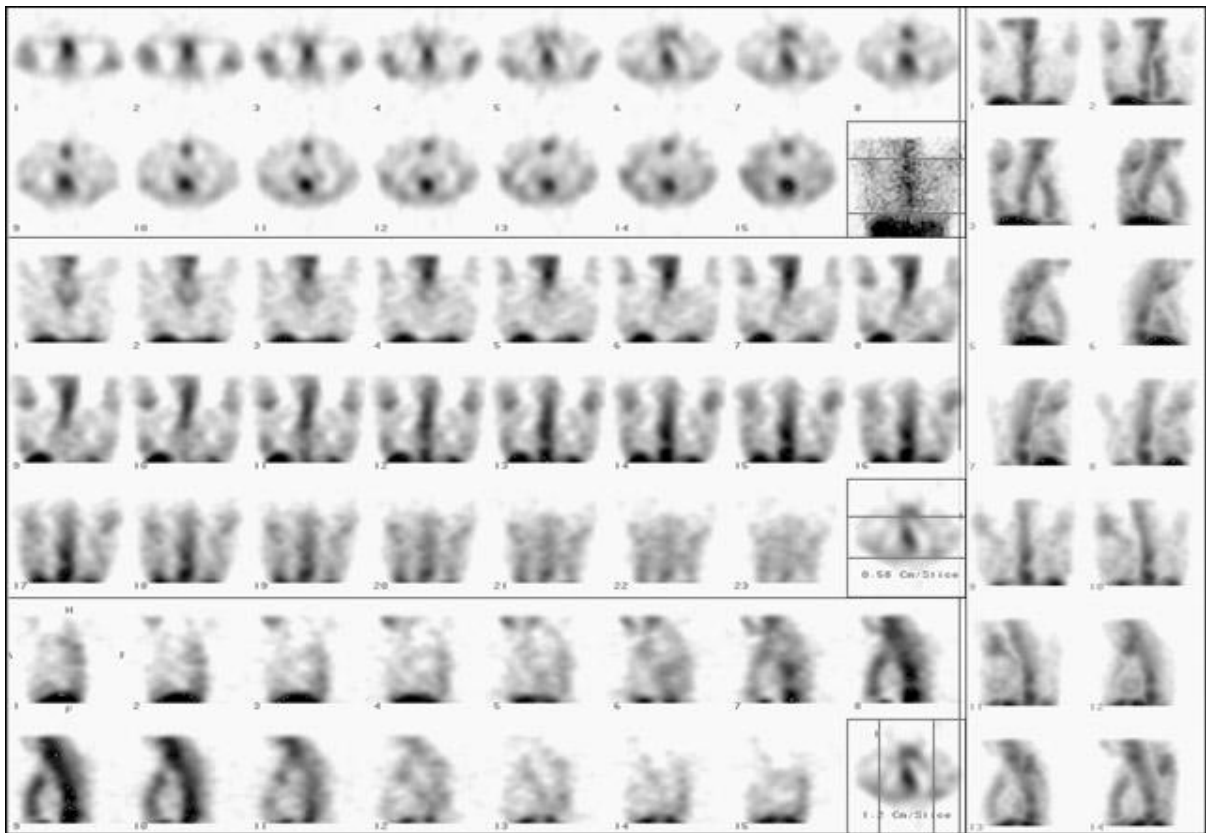
**Figura 4.** SPECT hepatoesplénico con  $^{99m}\text{Tc}$ -coloide de azufre. Las dos filas superiores corresponden a los cortes transversales (o transaxiales), desde abajo hacia arriba. Las dos filas centrales corresponden a los cortes coronales, desde adelante hacia atrás. Las tres filas inferiores corresponden a los cortes sagitales, desde el lóbulo derecho del hígado hasta el bazo. En la esquina inferior derecha de cada plano aparece una imagen de referencia indicando el rango de cortes tomográficos. Las dos columnas de la derecha corresponden a imágenes de la reconstrucción 3D de superficie (cortesía Servicio de Medicina Nuclear, AEPSM, Montevideo, Uruguay).

## 5.- SPECT RENAL.



**Figura 5.** SPECT renal con  $^{99m}\text{Tc}$ -DMSA. Las dos filas superiores corresponden a los cortes transversales (o transaxiales), desde abajo hacia arriba. Las tres filas centrales corresponden a los cortes coronales, de adelante hacia atrás. Las dos filas inferiores corresponden a los cortes sagitales, en este caso mostrando sólo el riñón izquierdo. En la esquina inferior derecha de cada plano aparece una imagen de referencia indicando el rango de cortes tomográficos. Las dos columnas de la derecha corresponden a imágenes de la reconstrucción 3D de superficie (cortesía Servicio de Medicina Nuclear, AEPSM, Montevideo, Uruguay).

## 6.- SPECT de Galio 67.



**Figura 6.** SPECT de tórax con  $^{67}\text{Ga}$ -citrato. Las dos filas superiores corresponden a los cortes transversales (o transaxiales), desde abajo hacia arriba. Las tres filas centrales corresponden a los cortes coronales, de adelante hacia atrás. Las dos filas inferiores corresponden a los cortes sagitales, de derecha a izquierda. En la esquina inferior derecha de cada plano aparece una imagen de referencia indicando el rango de cortes tomográficos. Las dos columnas de la derecha corresponden a imágenes de la reconstrucción 3D de superficie (cortesía Servicio de Medicina Nuclear, AEPsm, Montevideo, Uruguay).

## **ANEXO IV:**

### **SPECT/CT**

Al igual que el PET/CT, el SPECT/CT permite adquirir ambos estudios con el paciente en la misma posición. Se utiliza un software especializado para registrar las imágenes de cada modalidad, ajustando las diferencias en la geometría y el formato de ambos procesos y luego fusionando la imagen anatómica con la funcional. La localización topográfica se ha visto mejorada con la incorporación de equipos de CT de alta velocidad, con la ventaja adicional de que permite corregir la atenuación logrando superior calidad de las imágenes nucleares.

#### **1. Criterios de referencia para SPECT/CT.**

La aplicación de los algoritmos de diagnóstico depende mucho de la logística y la disponibilidad de las diferentes especialidades clínicas en una institución. En general, los criterios de referencia para un estudio de SPECT/CT podrían resumirse como sigue:

Indicaciones clínicas directas:

- Alta sospecha de actividad lesional ya que el SPECT/CT puede detectar, localizar y evaluar la extensión de la enfermedad.
- Planificación de tratamiento (medico, quirúrgico o radiante);
- Evaluación de la respuesta al tratamiento.

En otros casos, la indicación puede surgir como consecuencia de información recogida por otros métodos pero que es necesario aclarar, como en las siguientes situaciones:

- Hallazgos estructurales anormales o de significación dudosa, ya sea al momento del diagnóstico o luego del tratamiento.
- Ausencia de patología anatómica evidente en presencia de alta sospecha clínica.

A veces es necesario aclarar hallazgos no concluyentes de estudios imagenológicos previos, por lo general SPECT, que muestra zonas patológicas de incierta localización o significación clínica. También puede ser de ayuda diagnóstica una adecuada corrección de atenuación eliminando artefactos y aumentando la exactitud de un proceso cuantitativo como la concentración del radiotrazador en un órgano determinado. En efecto, la corrección de atenuación representa un elemento muy importante para conseguir una cuantificación exacta de la captación de un radiofármaco, lo cual posee implicancias para una correcta dosimetría en radioterapia molecular.

#### **2. SPECT/CT: protocolos y aplicaciones clínicas.**

En un sistema SPECT/CT, la adquisición se realiza de manera secuencial. Con equipos que poseen un componente CT de baja dosis, la adquisición típicamente se lleva a cabo mediante rotación del detector 220° alrededor del paciente. Las imágenes de CT obtenidas tendrán una resolución espacial de 2.5 mm en el plano transaxial, y de 10 mm en la dirección axial. El tiempo de estudio se sitúa en los 10 minutos. Por otra parte, los sistemas que emplean un CT diagnóstico se caracterizan por una mejor resolución espacial y un tiempo de estudio más corto (aproximadamente unos 30 segundos para la totalidad del campo de visión). Sin embargo, estos equipos se asocian a una mayor dosis de radiación. En cualquiera de los casos, al final de la adquisición del CT se genera un mapa de atenuación.

El componente SPECT del sistema esta representado por una gamacámara rotatoria de doble cabezal y ángulo variable, de tipo convencional. Independientemente del tipo de CT usado, el SPECT requiere un tiempo de adquisición entre 15 y 30 minutos como es lo habitual, dependiendo del protocolo y del órgano en estudio. Las imágenes de SPECT son reconstruidas siempre mediante algoritmos iterativos, ya que estos permiten incorporar la corrección de atenuación basándose en el mapa de transmisión creado por el CT, y también es posible incorporar corrección de radiación dispersa (scatter).

Dado que los datos de ambas modalidades no son adquiridos en forma simultanea, las imágenes de SPECT no estarán contaminadas por radiación dispersa del CT. Además, ya que el paciente permanece en la misma camilla ambos componentes son adquiridos en idéntica posición permitiendo un registro de imágenes muy exacto asumiendo que el paciente no se haya movido durante el estudio. Generalmente, para el CT se utilizan matrices de 512x512 (256x256 en los equipos mas antiguos), por lo cual estas deben ser llevadas al mismo formato de píxel y espesor de corte del SPECT.

El registro especial de ambas adquisiciones CT y SPECT es de suma importancia dado que la falta de correspondencia exacta del mapa de atenuación con las imágenes radionucleares puede causar artefactos especialmente en los bordes de la imagen. La inexactitud de registro puede ocurrir debido a movimiento del paciente ya sea por cambios en su posición o bien por la respiración, ritmo cardiaco y aun por el peristaltismo de los órganos abdominales. Los cambios en el grado de repleción de la vejiga también pueden influir. En los sistemas equipados con tubos de rayos X de baja dosis, el CT es adquirido mientras el paciente respira superficialmente, sin embargo el prolongado tiempo de estudio puede facilitar errores de movimiento. Los sistemas con CT multicorte en cambio permiten la adquisición mientras el paciente contiene la respiración, o durante una parte del ciclo respiratorio pero el SPECT siempre necesita varios minutos y por tanto también aquí puede haber problemas en el registro. Además de inducir a una falsa localización anatómica, los errores de registro producen una corrección inadecuada de la atenuación, pudiendo generar áreas de captación falsamente disminuida o aumentada y errores en la cuantificación.

La presencia de medio de contraste en las imágenes de CT adquiridas como parte del estudio SPECT/CT complica el proceso de corrección de atenuación. Las técnicas de segmentación de imagen pueden resolver este problema, o alternativamente el mapa de atenuación puede ser generado en primer término mediante un estudio de baja dosis, seguido del SPECT y finalmente un estudio CT diagnóstico con medio de contraste.

## **2.1. Procedimientos generales de SPECT/CT**

El componente de SPECT en los sistemas híbridos se realiza del mismo modo empleado en la rutina y establecido en los protocolos clínicos para cámaras de doble cabezal. Por lo general, las imágenes de CT son adquiridas inmediatamente a continuación.

Para los equipos CT de baja dosis se emplean los siguientes parámetros:

- 140 kV,
- 1–2.5 mA,
- 13 s/corte,
- matriz de 256x256,
- espesor de corte y espacio entre cortes de 5 mm.

Para las adquisiciones con CT multicorte de tipo diagnóstico, se utilizan:

- 140 kV,
- 80 mA,
- 1 s/corte,
- matriz de 512x512,
- diámetro de reconstrucción de 48 cm,
- espesor de corte y distancia entre cortes de 5 mm.

Pueden realizarse estudios CT de calidad diagnóstica con menor miliamperaje a fin de reducir la exposición del paciente. Es posible utilizar otros parámetros dependiendo del problema clínico a resolver mediante el CT, incluyendo casos en que a pesar de contarse con un CT multicorte diagnóstico, ya se cuenta con un estudio previo de tal calidad o si para el propósito específico del caso en estudio no es necesario un CT de alta dosis. También pueden usarse estrategias como restringir el campo del CT a la región en que el SPECT muestra anomalías, bajando así la dosis de radiación. Los datos del CT son reconstruidos mediante algoritmos de retroproyección filtrada especificados por el fabricante del equipo. Estando el paciente en la misma camilla y conservando idéntica posición, los estudios son realizados en forma secuencial lo que facilita el registro de imágenes de ambas modalidades.

#### **2.1.1. SPECT/CT con I<sup>131</sup> en cáncer de tiroides.**

Las metástasis de cáncer de tiroides ávidas por el yoduro pueden ser pequeñas, mas aun, pueden ubicarse en sitios con anatomía distorsionada debido a cirugías previas. Su localización mediante CT o MRI, por tanto, puede ser muy dificultosa o imposible. Las imágenes de fusión SPECT/CT constituyen por tanto un método efectivo de localización, al menos del punto de vista teórico ya que aun no existe suficiente experiencia con esta indicación. El SPECT/CT también puede ser útil para distinguir entre tejido residual post-tiroidectomía y adenopatías cervicales lo cual posee una implicancia fundamental en la estadificación y pronóstico.

#### **2.1.2. SPECT/CT en tumores adrenales y de la cresta neural.**

El SPECT/CT proporciona una opción clínicamente útil para localizar sitios de captación anormal de MIBG y para caracterizar su naturaleza benigna o maligna. Además de aumentar la especificidad de la estadificación y aportar información de interés acerca de la resecabilidad quirúrgica del tumor, el procedimiento puede tener impacto en la selección de pacientes para tratamiento con I<sup>131</sup>-MIBG.

#### **2.1.3. SPECT/CT con octreotido en tumores neuroendocrinos.**

Los estudios de SPECT/CT con octreotido han sido usados para obtener información sobre el estado funcional del tumor, su localización precisa y la extensión lesional. Las imágenes de fusión son de utilidad para seleccionar la mejor estrategia de tratamiento, sobre todo en pacientes con estadios avanzados. Cuando la gammagrafía es negativa, el SPECT/CT no aporta datos de interés excepto para verificar la densidad de receptores de somatostatina en un tumor observado en el CT. Sin embargo, debido a la mutua potenciación diagnóstica, el SPECT/CT representa hoy en día el método de elección para evaluar tumores neuroendocrinos con octreotido, el cual puede ser marcado tanto con In<sup>111</sup> como con Tc<sup>99m</sup>.



#### **2.1.4. SPECT/CT con Ga<sup>67</sup>-citrato en linfomas.**

El SPECT/CT ha mejorado la sensibilidad diagnóstica y el poder de localización de áreas con captación anormal de Galio. En especial, el SPECT/CT ha probado su utilidad para distinguir entre lesiones óseas de la columna, de ganglios linfáticos adyacentes comprometidos. El método también es capaz de aclarar la localización de lesiones en los límites inferiores del tórax, ya sea que asienten en el domo hepático, las costillas o el esternón. La información adicional del CT es de menor utilidad para evaluar la respuesta al tratamiento.

#### **2.1.5. SPECT/CT y linfogamagrafía para detección de ganglio centinela.**

El uso de SPECT/CT es útil para localizar con precisión el ganglio centinela dado que las imágenes de CT proporcionan referencias anatómicas como el hueso hioides, el cartílago cricoides, los músculos del cuello, la arteria epigástrica o la unión venosa safeno-femoral. El SPECT/CT aumenta la especificidad y la sensibilidad de la linfogamagrafía. Por lo general se emplea una dosis estándar de 0.5 mCi (18,5 MBq) de coloide marcado con Tc<sup>99m</sup> inyectado de modo intradérmico alrededor de la lesión si se trata de un melanoma, o de modo intersticial si es un tumor mamario o subcutáneo en caso de otros tumores. El estudio de SPECT/CT se realiza inmediatamente después de detector drenaje de actividad en imágenes planares seriadas.

#### **2.1.6. SPECT/CT en patología ósea maligna y benigna.**

El proceso de estadificación de una neoplasia maligna mediante gamagrafía ósea se ve a veces dificultado ya que existen muchas condiciones benignas que pueden provocar áreas focales de hipercaptación en el esqueleto. La mayoría de estas lesiones corresponden a procesos degenerativos de las articulaciones cuya frecuencia aumenta con la edad, tales como espondiloartrosis o coxartrosis. Otras causas de hipercaptación incluyen las enfermedades reumáticas y los tumores óseos benignos. La mayoría de estas causas son claramente identificables mediante CT, por lo cual el SPECT/CT puede aumentar la especificidad de la gamagrafía ósea sin afectar la sensibilidad.

Aunque la RM ha cambiado en forma importante el viejo predominio de la medicina nuclear en el campo de la ortopedia y traumatología, los estudios con radioisótopos aun conservan la mayor sensibilidad para la detección de cambios patológicos en el tejido óseo. Sin embargo, la dificultad para localizar las alteraciones de manera precisa ha limitado su uso de alguna manera, a pesar de que el método es de menor costo que la RM. Mediante SPECT/CT estos problemas pueden superarse y por tanto existe un papel clínico de interés también en el área de la patología ósea no neoplásica.

#### **2.1.7. SPECT/CT con Tl<sup>201</sup> o Tc<sup>99m</sup>-sestamibi en tumores cerebrales.**

Debido a que el Tl<sup>201</sup> o el Tc<sup>99m</sup>-sestamibi no se acumulan en el parénquima cerebral normal, la localización anatómica de un área de captación es dificultosa. Con el sestamibi, la captación fisiológica en los plexos coroideos puede confundir aun más la situación. En pacientes con tumores cerebrales, el registro de las imágenes funcionales con las anatómicas cobra pues; la fusión de imágenes permite una determinación anatómica exacta de los sitios de captación anormal y esto es fundamental para la elección del sitio de biopsia, en un esfuerzo por evitar errores de muestreo o para la planificación de radiocirugía. Además, ayuda a evaluar los resultados de tratamiento quirúrgico o radiante ya que tanto el

CT como la RM aisladas no permiten distinguir entre áreas de necrosis o de recidiva, o de tumor residual. Por otra parte, la corrección de atenuación adecuada mediante el CT puede mejorar el contraste y detectabilidad de las lesiones, aumentando la sensibilidad del método.

#### **2.1.8. SPECT/CT con Tc<sup>99m</sup>-depreotide en el nódulo pulmonar solitario.**

El SPECT con Tc<sup>99m</sup>-depreotide y el PET con F18-FDG han demostrado similar exactitud para la evaluación del nódulo pulmonar solitario. El papel del Tc<sup>99m</sup>-depreotide en la estadificación de pacientes con cáncer pulmonar de células no pequeñas (NSCLC) esta limitado por un numero relativamente elevado de resultados falso-positivos sobre todo debido a la captación inespecífica que suele registrarse en la región hilio-mediastinal. El SPECT/CT ayuda a la interpretación en estos casos aumentando así la especificidad tanto en la etapa diagnostica como de estadificación y diferenciando la actividad fisiológica de la maligna incluyendo tanto el tumor primario como las eventuales adenopatías neoplásicas. Adicionalmente, la corrección de atenuación basada en el CT es capaz de mejorar la calidad de la imagen e incrementar la detectabilidad de nódulos pequeños.

#### **2.1.9. SPECT/CT para gamagrafía prostática.**

La imagenología funcional de la próstata representa un gran desafío debido a la situación profunda de la glándula en la pelvis lo que causa atenuación y radiación dispersa en proporción significativa. Los cambios en el volumen de la vejiga durante la adquisición también constituyen un problema aun utilizando imágenes de fusión sobre todo cuando estas corresponden a equipos separados. Las imágenes de cáncer prostático usando anticuerpos monoclonales contra el antígeno prostático específico de membrana (5 mCi / 185 MBq de In<sup>111</sup>-ProstaScint®) han demostrado una sensibilidad de 44% y una especificidad de 86%, pero se ha reportado un aumento de este relativamente pobre rendimiento diagnostico mediante la utilización de equipos híbridos.

#### **2.1.10. SPECT/CT para localización preoperatoria de adenomas paratiroides.**

Aun antes de la introducción de los equipos híbridos SPECT/CT en la rutina clínica, los procedimientos de SPECT demostraron clara superioridad frente a las imágenes planares para la localización de los adenomas paratiroides con Tc<sup>99m</sup>-sestamibi, especialmente con fines de planificación quirúrgica en caso de adenomas ectópicos mediastinales. Sin embargo, debido a la falta de referencias anatómicas en las imágenes de SPECT aisladas, se reconoció la necesidad de contar con estudios estructurales ya sea mediante visualización separada en paralelo o por co-registro y fusión de imágenes de equipos diferentes. En la actualidad, el SPECT/CT representa la modalidad de elección para la localización preoperatoria de adenomas paratiroides, sobre todo los de situación ectópica o en presencia de bocio multinodular, que puede generar falsos positivos en las imágenes convencionales.

#### **2.1.11. SPECT/CT en el diagnóstico de infección e inflamación.**

El diagnóstico de infección e inflamación ha representado un problema de complicado en imagenología, utilizándose corrientemente tanto modalidades de imagen funcional como anatómica. Tanto el CT como la RM proporcionan detalles estructurales muy finos, pero muchas veces estos cambios subyacentes a un proceso infeccioso son inespecíficos o solamente apreciables tardíamente en la evolución. La medicina nuclear ha ganado un papel fundamental en la detección de procesos infecciosos con el uso de Ga<sup>67</sup>-citrate o de

leucocitos marcados con  $\text{In}^{111}$ - o  $\text{Tc}^{99\text{m}}$ -HMPAO, técnicas que constituyen los métodos funcionales de elección para investigar posibles procesos infecciosos activos. Sin embargo, estas técnicas poseen escasa resolución espacial y limitada especificidad debido a la ausencia de referencias anatómicas, lo que hace necesario contar con información estructural simultánea. Al menos parte de las dificultades pueden resolverse mediante SPECT/CT, facilitando la localización anatómica precisa y caracterizando la extensión del proceso infeccioso, pudiendo diferenciar la participación de partes blandas y del tejido óseo, por citar un ejemplo. Los nuevos agentes como anticuerpos monoclonales anti-granulocitos, antibióticos o biotina marcados también pueden ser muy eficaces mediante el uso de imágenes híbridas según se ha reportado.

## **2.2. Procedimientos de SPECT/CT en cardiología.**

### **2.2.1. Corrección de atenuación por CT.**

Actualmente, los estudios de perfusión miocárdica mediante SPECT representan la metodología no invasiva de elección para evaluar la enfermedad coronaria (EC). Sin embargo, su exactitud diagnóstica está limitada por la presencia relativamente frecuente de artefactos técnicos que pueden causar resultados falso-positivos disminuyendo la especificidad. Uno de los artefactos más comunes se refiere a la atenuación de los fotones por interposición de los tejidos blandos, en general afectando la pared anterior del corazón en la mujer y la inferior en el hombre. Se estima que la prevalencia de este tipo de artefactos se sitúa en el rango del 20% a 50% de los pacientes.

Se han desarrollado varias técnicas para generar mapas de atenuación específicos para cada paciente, a fin de corregir dicho efecto. El método más común estaba basado en el uso de una fuente externa de transmisión, generalmente de Gadolinio-153 ( $\text{Gd}^{153}$ , 100 keV), con una vida media de 100 días. Sin embargo, a medida que la fuente sufría decaimiento radioactivo, se generaba una degradación del mapa de atenuación lo cual solía provocar una subestimación del coeficiente real de atenuación en la zona central del campo. Una solución posterior consistió en utilizar mapas de CT importados de equipos separados, lo cual trae inconvenientes obvios por la necesidad de realizar otro procedimiento y la frecuente dificultad en el registro correcto de ambos tipos de imagen. Estas limitaciones son actualmente superadas, al menos en parte, mediante la adquisición casi simultánea de la perfusión miocárdica y el CT con el uso de equipos híbridos. En realidad, el desarrollo de estos equipos se ha producido originalmente con el propósito de lograr una corrección de atenuación adecuada en los estudios de perfusión miocárdica.

El componente de SPECT cardíaco se realiza de acuerdo a los protocolos habituales. Cada porción del estudio, ya sea estrés o reposo, es seguida inmediatamente por un procedimiento CT de baja dosis (20–30 mAs, 140 keV), el cual es usado para corrección de atenuación de los datos gammagráficos. La corrección se realiza solamente sobre el área cardíaca, definida por el operador. Es importante que el paciente permanezca inmóvil durante ambos estudios a fin de facilitar el co-registro de imágenes de emisión y transmisión.

La corrección de atenuación basada en el CT ha demostrado proporcionar las imágenes de SPECT cardíaco más exactas, debido a que se logran producir mapas de atenuación de alta resolución, elevado conteo y escaso ruido. Este método puede ser implementado ajustándose a cualquier protocolo de SPECT, incluyendo de uno o dos días, o de uno o dos isótopos.

### **2.2.2. Significado funcional de lesiones coronarias.**

Los estudios de perfusión miocárdica poseen gran utilidad para establecer la presencia, severidad y extensión de la EC. Sin embargo, el método no permite detectar la presencia aterosclerosis en etapa precoz ni tampoco proporciona información anatómica de los vasos coronarios, esencial para planificar procedimientos de revascularización. La tecnología de CT multicorte se caracteriza por una elevada resolución espacial y temporal, así como alto contraste de imágenes permitiendo lo que se denomina angiografía coronaria CT (CTCA). Pero esta técnica, al contrario del SPECT, no es capaz de predecir el beneficio de la revascularización estratificando el riesgo de acuerdo a la magnitud de la isquemia inducida. Por tanto, el SPECT/CT cardiaco representa la combinación ideal conjugando la información anatómica de las arterias coronarias con los datos funcionales de la perfusión miocárdica. Esta tecnología parece llamada a ser el test imagenológicos no invasivo de elección en el futuro próximo, siendo su logística muy conveniente y los equipos disponibles de operación relativamente simple para la utilización clínica de rutina.

Al permitir la evaluación de estenosis coronaria, la adición del CT al SPECT podría eliminar además una potencial causa de falso-negativos como es la presencia de lesiones severas balanceadas de 3 vasos. Por otra parte, al evaluar el significado funcional de las lesiones anatómicas mediante el componente de perfusión estrés-reposo, es posible aumentar el poder diagnóstico del CT cuando existen placas calcificadas extensas. Los datos combinados de perfusión miocárdica, score de calcio y presencia y grado de de lesiones coronarias permiten una completa estratificación de riesgo en pacientes con EC conocida o sospechada.

### **2.3. SPECT/CT de tórax en el tromboembolismo pulmonar.**

El tromboembolismo pulmonar (TEP) representa uno de los desafíos diagnósticos principales en medicina de emergencia. La angiografía pulmonar por CT multicorte (CTPA) es considerada actualmente por varios autores como el método inicial de elección para pacientes en los que se sospecha esta patología. Sin embargo, los estudios de ventilación/perfusión o aun solamente la percusión con SPECT representa una alternativa valida por su alto valor predictivo negativo, especialmente cuando el CT no esta disponible o existen contraindicaciones para este método. En muchas instituciones, el primer método empleado es el SPECT de perfusión y se descarta el TEP si el estudio es normal. Si en cambio la perfusión es anormal, el paciente es referido a CTPA para confirmar el diagnóstico o excluir otras patologías.

El estudio PIOPED II demostró alta exactitud del CT multicorte para el diagnóstico de TEP; sin embargo, puede esperarse una tasa de falsos negativos de 17% probablemente debido a la escasa visualización de las ramas arteriales periféricas, cuya obstrucción es mejor detectada mediante SPECT. Por lo tanto, el clínico debe ser cauteloso frente a resultados del CTPA que no concuerden con su impresión diagnóstica, particularmente frente a un paciente con CTPA normal y alta probabilidad clínica de TEP. Aunque el significado real de las pequeñas alteraciones subsegmentarias es materia de controversia, la fusión de imágenes mediante sistemas híbridos SPECT/CT aporta una herramienta única que podrá superar los problemas de cada método por separado.



**ANEXO V:**

**LISTA DE PARTICIPANTES  
REUNIÓN FINAL ARCAL XXXII**

**Argentina:**

*Mariana Levy de Cabrejas*

Comisión Nacional de Energía Nuclear

Av. del Libertador 8250, 1429 Buenos Aires

Teléfono: 5411 4242 0404/ 5411 4415 3481. Fax: 5411 4962 9839

E-mail: macabre@cnea.gov.ar

**Colombia:**

*Augusto Llamas Olier*

Instituto Nacional de Cancerología

Calle 1a. no. 9-85 Medicina Nuclear, Santa Fé de Bogotá

Teléfono: 571 3336219/571 2743172. Fax: 571 3336620

E-mail: allamas@multi.net.co

**Costa Rica:**

*Carlos Fonseca Zamora*

Servicio de Medicina Nuclear, Hospital San Juan de Dios

Apartado Postal 17581250 ESCA3U, San José

Teléfono: 506 2218214. Fax: 506 255 2655

E-mail: cafonseca@racsa.co.cr

**Cuba:**

*Juan F. Batista Cuéllar*

Centro de Investigaciones Clínicas

Calle 34 no. 4501 e/45 y 47, Kohly playa, La Habana

Teléfono: 537 223763/230087. Fax: 537 243298

E-mail: cic@cic.sld.cu

**México:**

*Arturo Becerril Vilchis*

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

Av. Amsterdam 46-202, Col. Hipódromo Condesa, 06100, México D.F.

Teléfono: 525 3297255. Fax: 525 3297302

E-mail: abv@nuclear.inin.mx

*Juan Carlos García Reyna*  
Instituto Mexicano de Psiquiatría  
Teléfono: 525 56552811 ext. 220  
E-mail: jcgarcia@inp.edu.mx

*José Pascual Pérez Campos*  
Centro Médico Nacional Siglo XXI, Hospital de Cardiología  
Av. Universidad 1330-1201-C Col. del Carmen, Del. Coyoacán, México D.F.  
Teléfono: 525 6276900 ext. 2403. Fax: 525 761 4867  
E-mail: pecajp@yahoo.com.mx

**Evaluadores del OIEA:**

*Teresa Massardo V.*  
Hospital Clínico, Universidad de Chile  
Santos Dumont 999, Independencia, Santiago de Chile, Chile  
Teléfono: 562 777 0569. Fax: 562 7777618  
E-mail: tmassardo@ns.hospital.uchile.cl

*Fernando Mut*  
Servicio de Medicina Nuclear, Asociación Española  
M. Cassinoni 1443, 11200 Montevideo, Uruguay  
Teléfono: 598 2 19207400. Fax: 598 2 19207409. E-mail: fmut@adinet.com.uy

*Rafael Puchal Añé*  
Instituto Catalán de Salud, Ciudad Sanitaria y Universitaria de Bellvitge  
Feixa Llarga s/n, 08907 L'Hospitalet, Barcelona, España  
Teléfono: 34 93 2607620. Fax: 3 93 2607516  
E-mail: rpuchal@csub.scs.es

*Marcelo Tatit Sapienza*  
Facultad de Medicina, Universidad de Sao Paulo  
Rua Cons Brotero 1486 1º andar, ala Norte, 01232-010 Sao Paulo, Brasil.  
Teléfono: 5511 37586840. Fax: 5511 38254433  
E-mail: tatit@usp.br