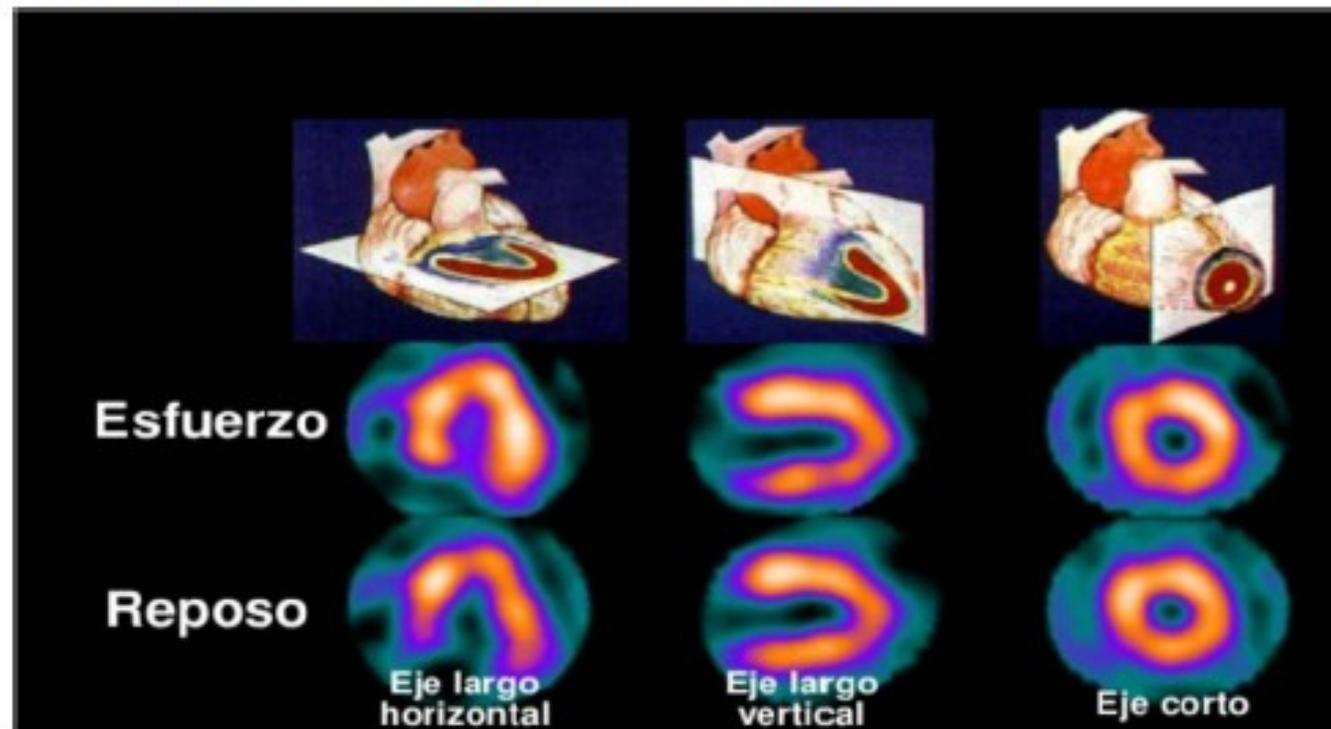




ESTUDIOS ISOTÓPICOS EN CARDIOLOGÍA

- Los estudios en cardiología representan el 15-20% del total en M.Nuclear.
- Se hacen tres tipos de estudios muy diferenciados:
 - 1- Función cardiaca
 - 2- Perfusión miocárdica
 - 3- Estudios de integridad celular.

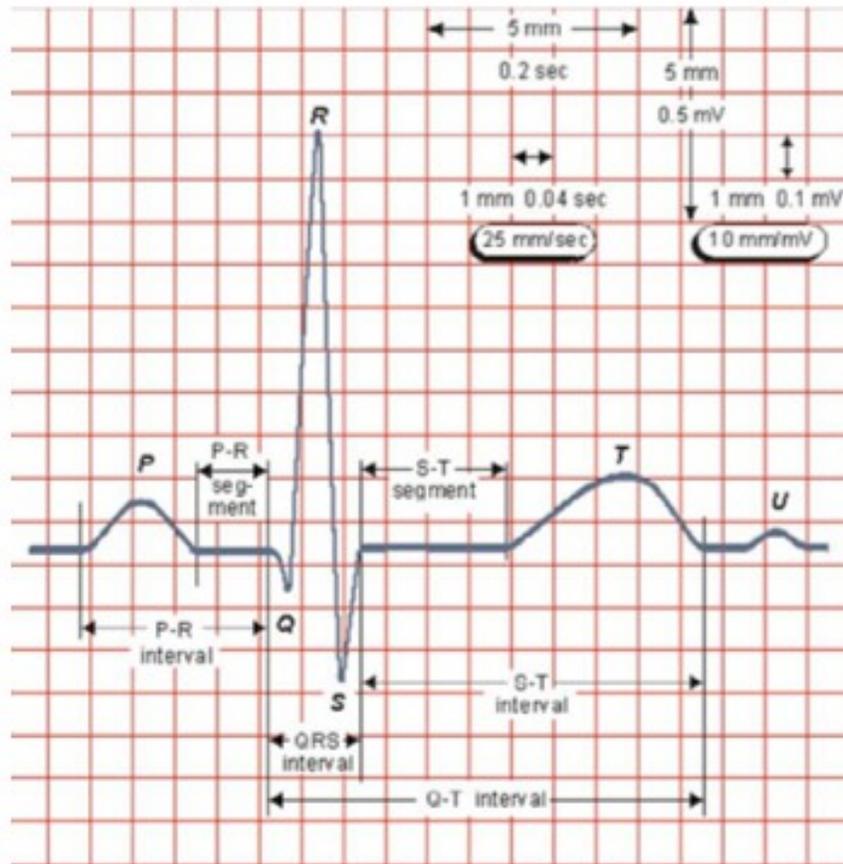


• Recuerdo Anatomofisiológico

El ciclo cardiaco se extiende desde el comienzo de la contracción muscular (sístole) hasta el final de la relajación (diástole).

Con una frecuencia de 75lpm, el ciclo dura 0,8sg:

- 0,1sg la sístole auricular; 0,7sg la diástole.
- 0,3sg la sístole ventricular; 0,4sg la diástole.

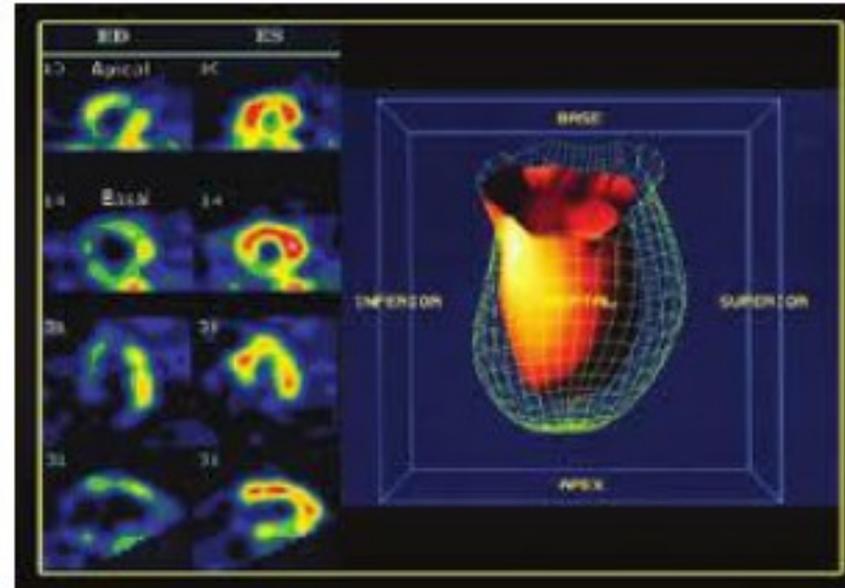
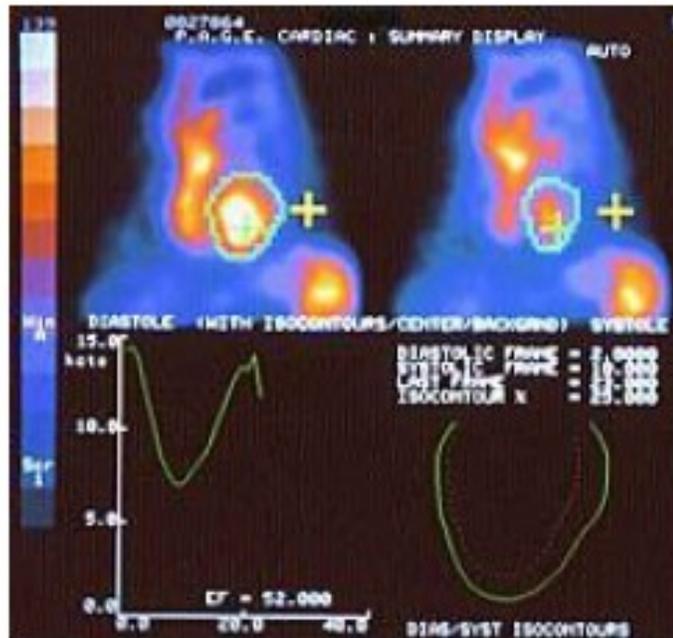


Onda P: Activación auricular
Sistema QRS: Activación ventricular
Onda T: Recuperación

Los estudios de MN permiten adquirir Imágenes sincronizadas con el ciclo Cardiaco tomando como referencia la onda R.

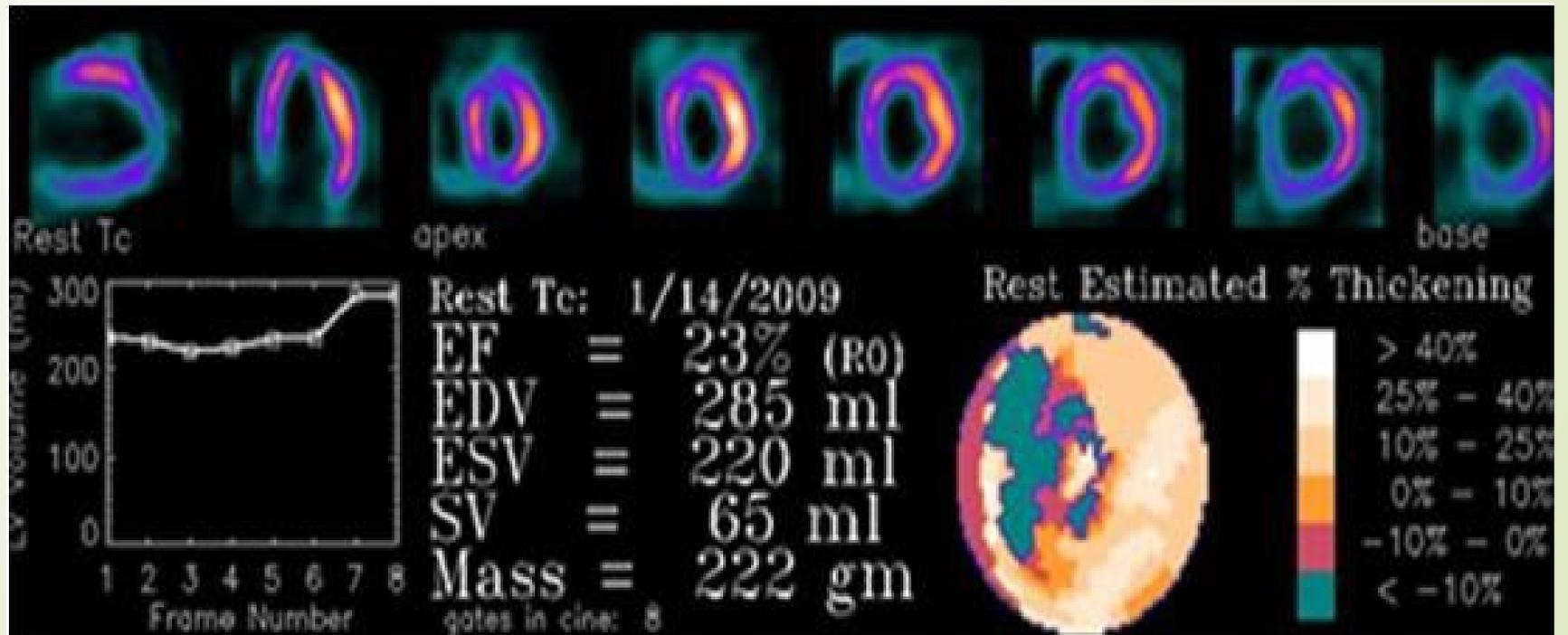
• ESTUDIOS DE LA FUNCIÓN CARDIACA:

- Se denominan VENTRICULOGRAFÍA o ANGIOCARDIOGRAFIA.
- Hay dos variedades: En equilibrio y en primer paso.
- Ambas dan la misma información y sirven para el mismo tipo de patología excepto para el Shunt izquierda-derecha.



VENTRICULOGRAFIA EN EQUILIBRIO:

- También denominada «MUGA» (Multiple gated acquisition).
- Estudia las variaciones de los volúmenes sanguíneos en cada cavidad durante el ciclo cardiaco.
- Usamos un RF que está constantemente en sangre.
- Haremos ROIs en ambos ventrículos y cuantificamos actividad.
- Se adquieren imágenes sincronizadas con las onda R del ECG durante unos 300-400 ciclos cardiacos.





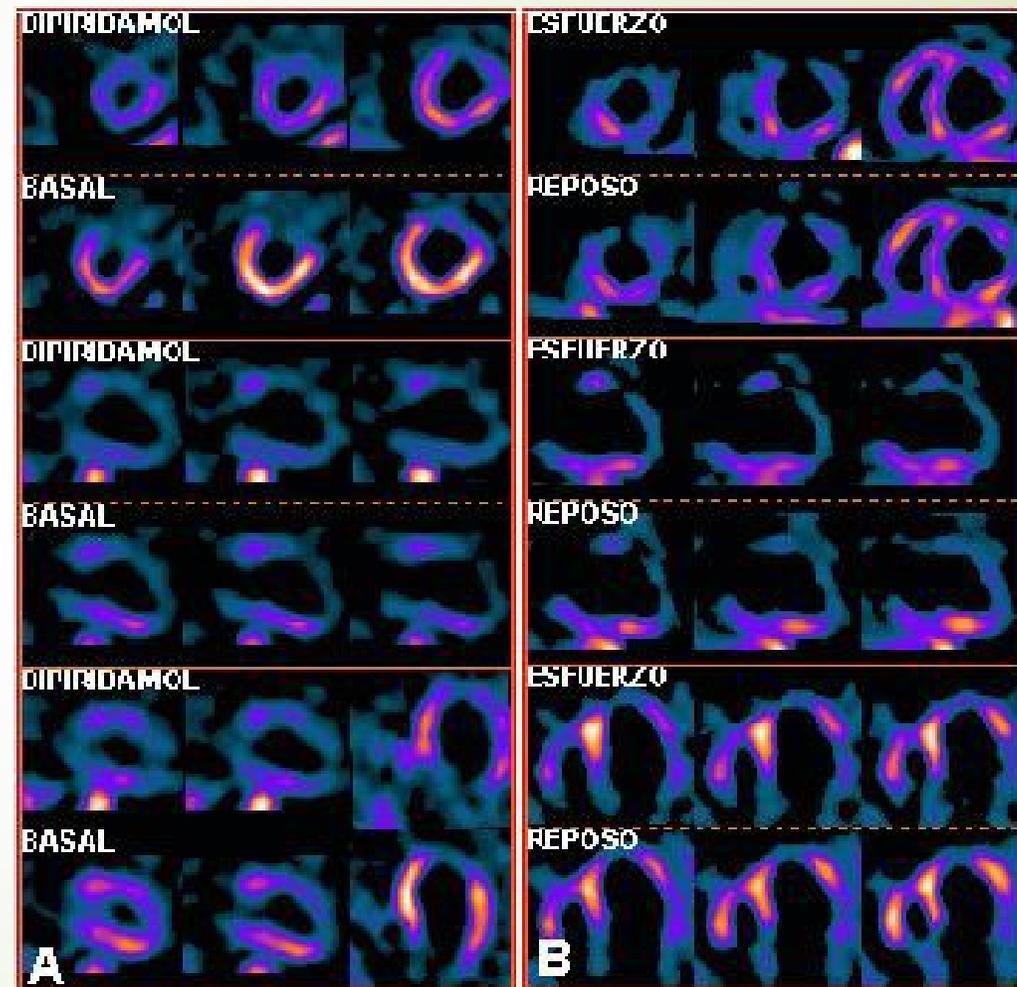
El RF empleado en Ventriculografía en Equilibrio son los hematíes del propio paciente marcados con ^{99m}Tc .

El marcaje de hematíes suele hacerse de tres maneras:

- «in vivo» : Da un rendimiento de marcaje del 90%. Técnica de elección.
- «in vivo/vitro» : Da un rendimiento de marcaje del 95-98%.
- «in vitro» : Da un rendimiento de marcaje superior al 98%. Alta dosis de irradiación al técnico.

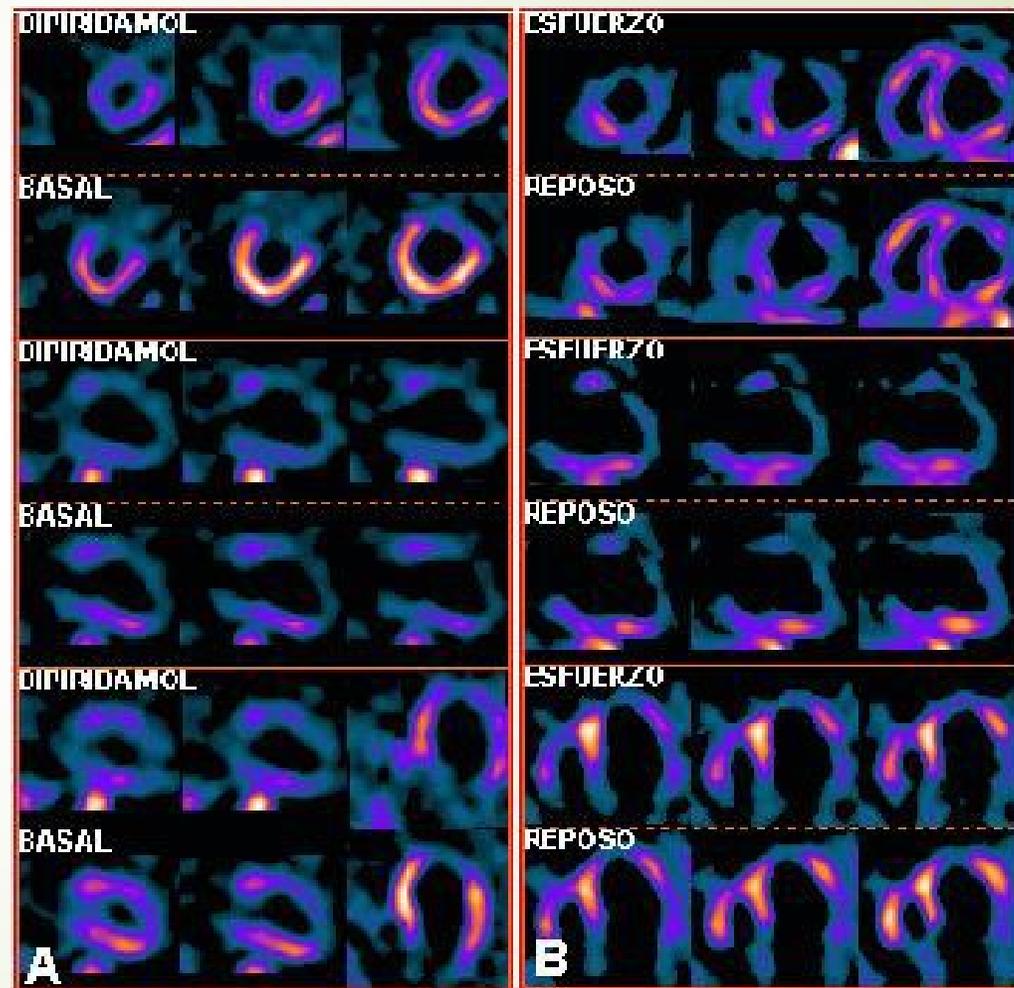
Técnica de adquisición de la imagen de la VENTRICULOGRAFIA EN EQUILIBRIO:

- 1-Paciente sin preparación previa.
- 2-Administración del RF: 20-30mCi de ^{99m}Tc -HHMM. En niños: 0,2mCi/kg
- 3-Instrumentación: Colimador LEAP o LEHR. Matriz de 64X64. Ventana del 20% o inferior en 140Kev.
- 4-Posición del paciente y proyecciones:
 - Decúbito supino y detector en OAI 30° - 40° o «mejor septal».
 - Pacientes monitorizados con la Onda R alta.
 - El estudio se puede hacer tanto en reposo como en esfuerzo.
 - En reposo se hacen 2 proyecciones: OAI 30° - 40° y OAI 60° - 80° . En esfuerzo solo OAI 30° - 40° .



Técnica de adquisición de la imagen de la VENTRICULOGRAFIA EN EQUILIBRIO:

- 5 –Tiempo de espera y adquisición:
Se esperan 10-15min P.I. El número de imágenes por ciclo es de 16-24; hasta alcanzar los 4mCi de cuentas (300-400ciclos).
- 6-Procesado de imágenes: Se delimita un ROI en ventrículo izquierdo y en fondo (sin aorta ni bazo) y se hacen curvas de actividad/tiempo.

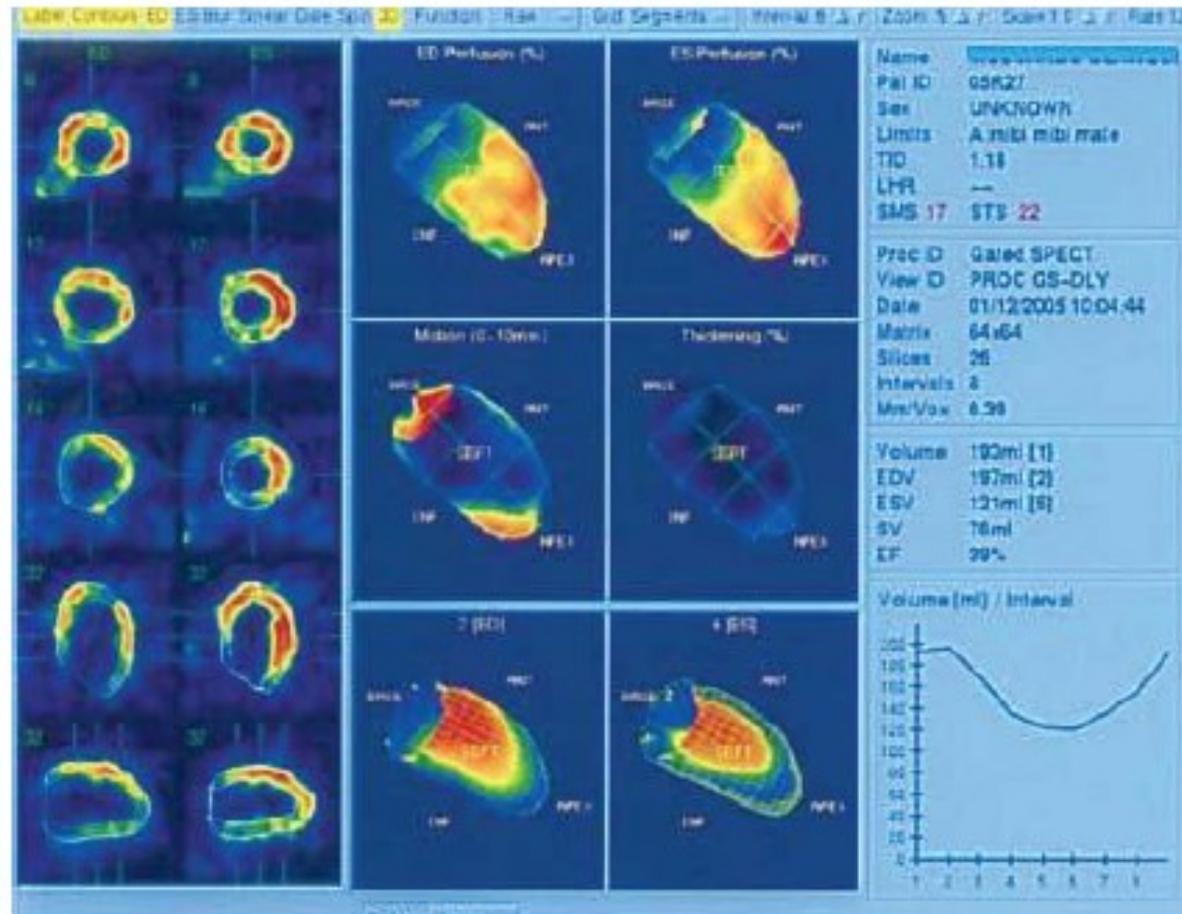


E.F.C: VENTRICULOGRAFIA DE PRIMER PASO:

- Se estudian las variaciones de actividad en corazón y pulmón en el primer paso del bolo radiactivo.
- El bolo debe ser menor de 1ml.
- Hacemos una visualización diferenciada de cada cavidad.

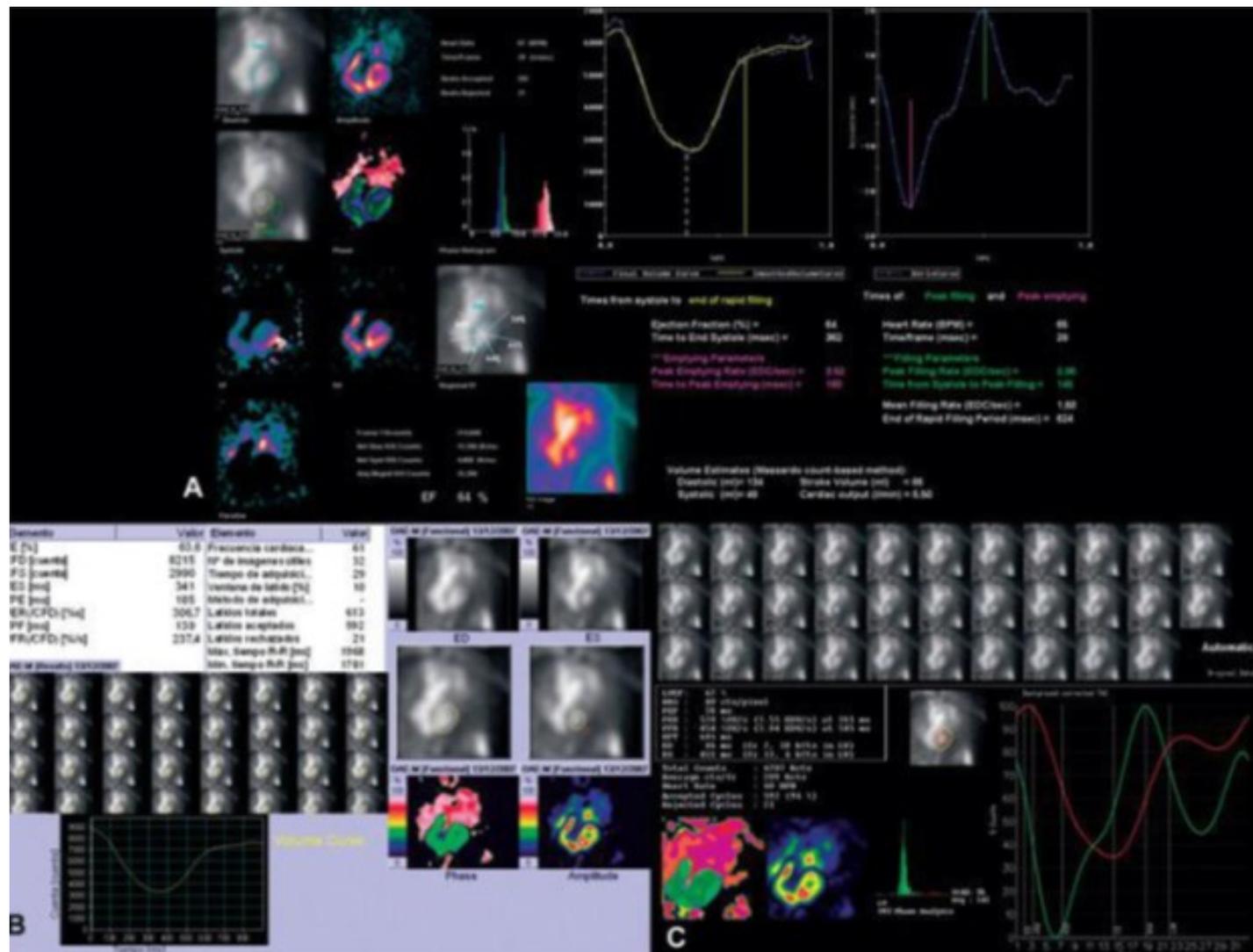
Radiofármacos:

- Cualquier RT no retenido en ninguno de los órganos. El mas usado es el ^{99m}Tc -libre o unido a SC o a DTPA.



Técnica de adquisición:

- 1-Preparación del paciente: Ninguna.
- 2-Administración del RF: Vena próxima al corazón (yugular).
Inyección rápida de 30mCi en bolo.
- 3-Instrumentación: Colimador LEHS.
Ventana del 20% o inferior en 140KeV.
Matriz de 64x64.
- 4-Posición del paciente y proyecciones:
Decúbito supino con la cámara en precordio.
OAD de 15°-30°.



- APLICACIONES DE LA VENTRICULOGRAFÍA:

El objetivo es analizar la función ventricular. Eso lo sabemos viendo el volumen sanguíneo que hay en el corazón a cada momento del latido cardíaco.

- 1º- FEVI:

Es el porcentaje de sangre que bombea cada latido. Se halla por «regla de 3»: Actv telediástole es 100%; y en telesístole será la FEVI.

Normalmente ronda el 40-45% en VD y 55-60% en VI.

Una desviación del 5% se considera normal.

- 2º-PARAMETROS DE VELOCIDAD:

Se obtienen calculando la máxima pendiente en las fases de eyección y llenado ventriculares.

- 3º-VOLUMENES VENTRICULARES:

Se puede saber el volumen de sangre en cada ventrículo sacando una muestra de sangre del paciente y estableciendo la proporción con la actividad medida en el ventrículo.

Hay que añadir un factor de corrección que valore la atenuación de la caja torácica (métodos de Links o de Maurer).

- 4°- MOTILIDAD DE LA PARED VENTRICULAR:

Mediante fórmulas matemáticas a cada pixel se le asigna una actividad y se crean imágenes para cada instante del latido cardiaco que será más amplia a mayor motilidad de la pared ventricular. Valoramos los impulsos eléctrico y el funcionamiento del haz de His.

Podemos tener:

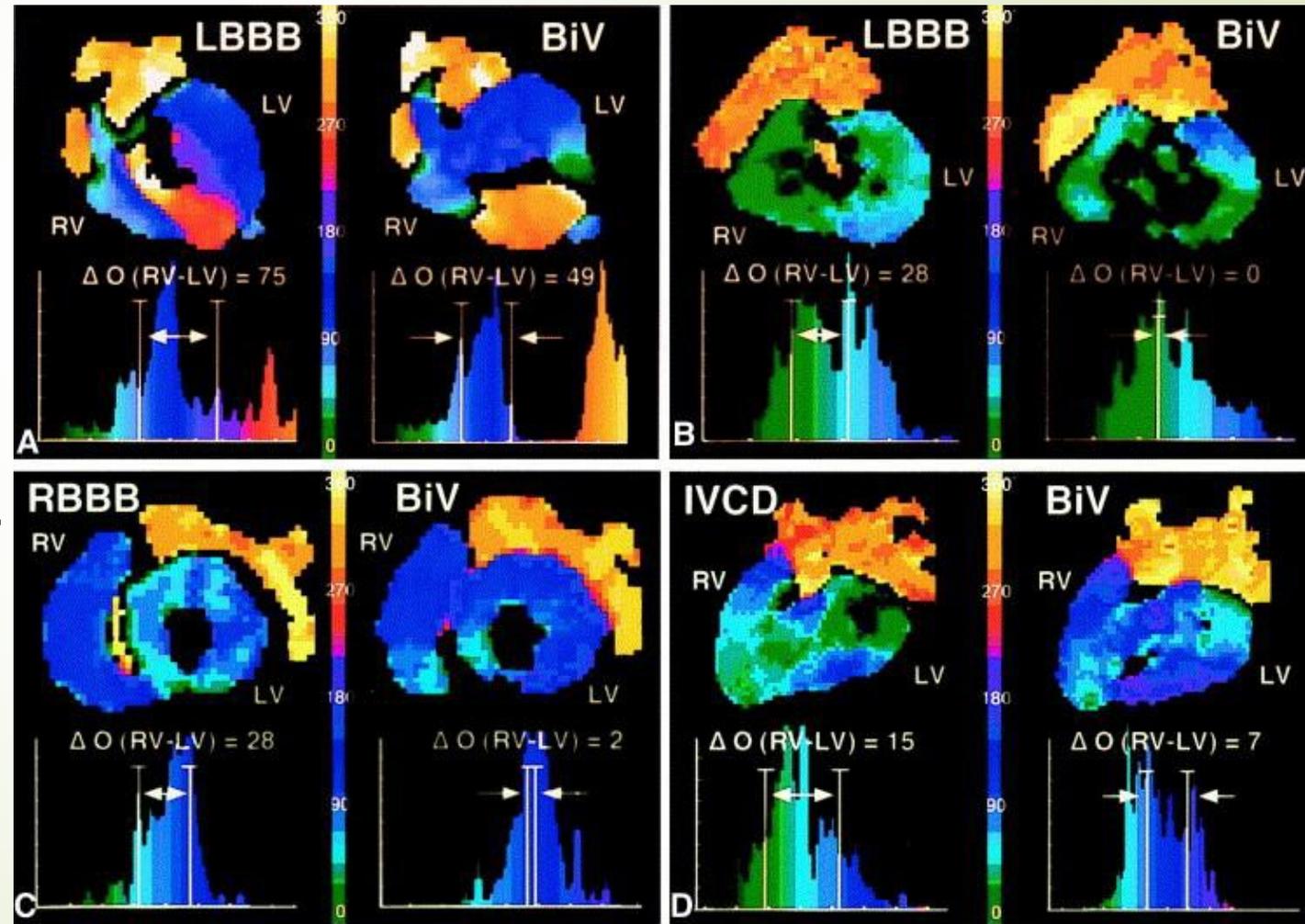
- Normocinesia:

Amplitud alta sincronizada con la onda R.

- Acinesia: No hay movimiento .

- Discinesia:

No hay un movimiento Uniforme.



- 5º- COMUNICACIONES CARDIACAS.

Es el paso de sangre de la cavidad izquierda a la derecha y viceversa.

En condiciones normales el bolo realiza el recorrido normal:

yugular, AD, VD, pulmones, AI, VD y aorta. Cuando hay un shunt cardiaco, la actividad pasa entre cavidades sin seguir este recorrido

Una curva de actividad/tiempo tomando ROIS en aorta, pulmón, y corazón nos permite detectar esta patología.

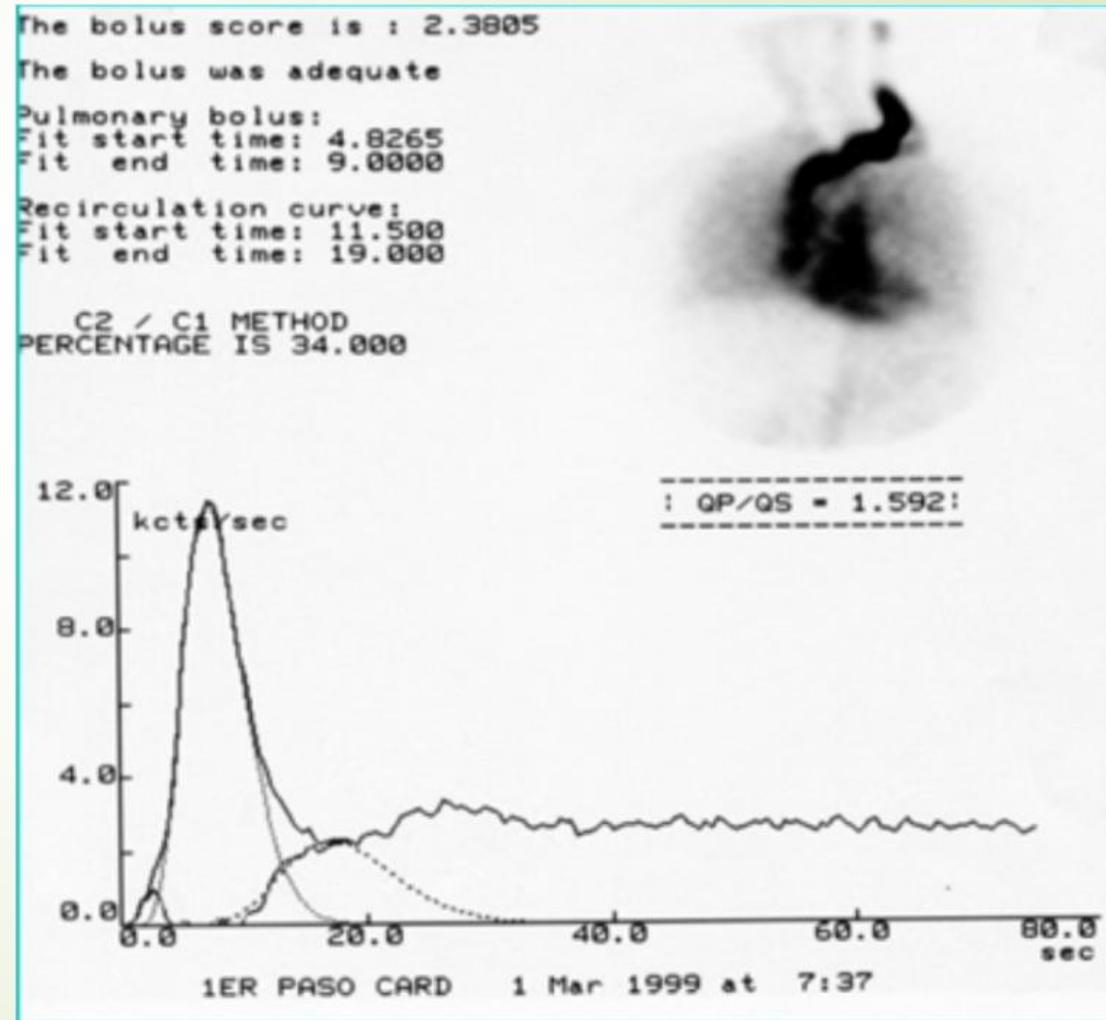
Es una prueba no indicada para cortocircuitos de bajo flujo.

- Un shunt dcha-izda:

Hace que la actividad pase hacia la aorta sin haber ido al pulmón.

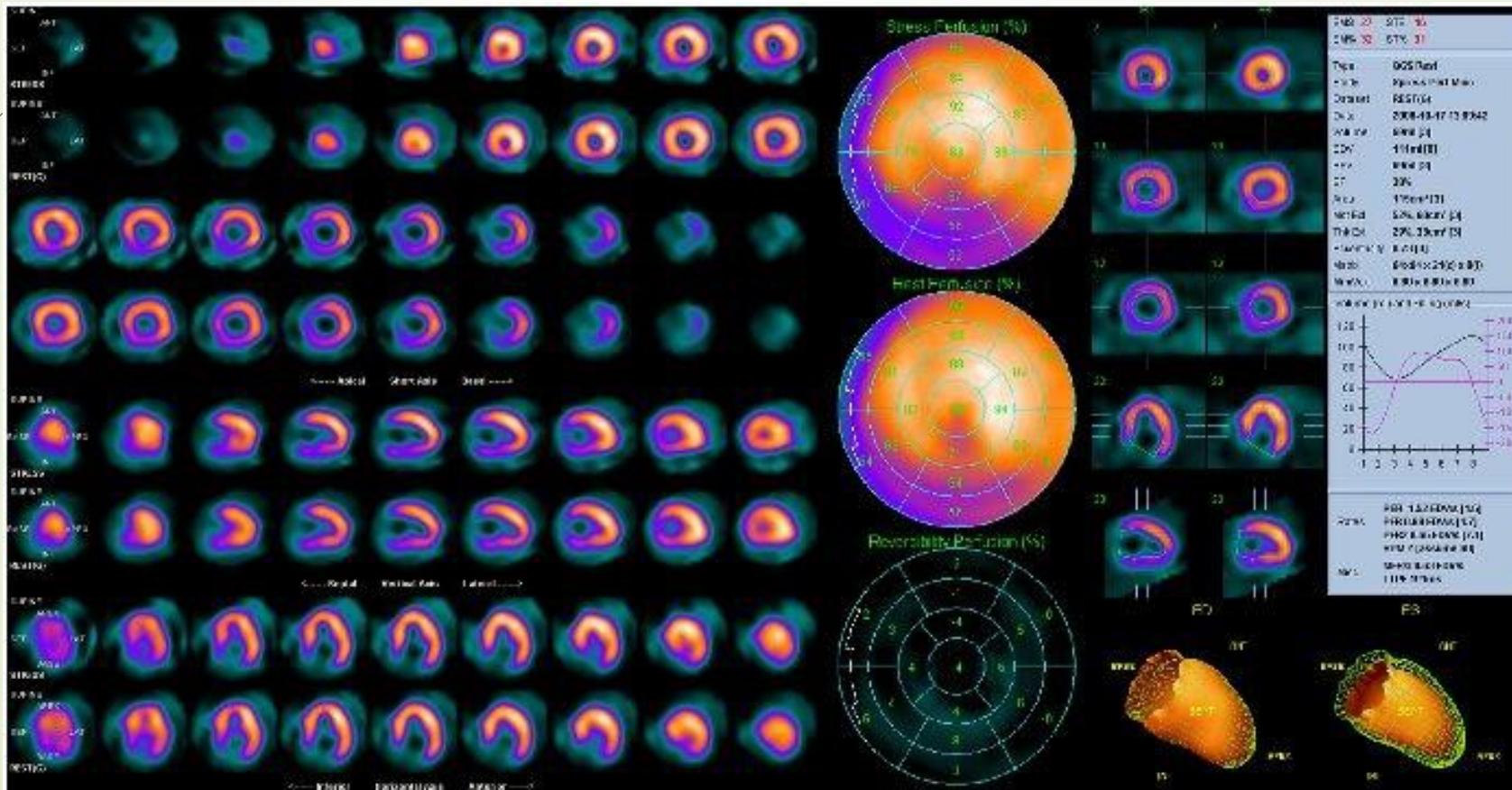
- Un shunt izda-dcha:

Implica que la sangre vuelva constantemente al pulmón sin pasar a la aorta.



- 6º- FRACCIÓN DE REGURGITACIÓN VALVULAR

Es debida a una insuficiencia valvular. En ausencia de cortocircuitos, la FEVI y la FEVD son iguales. De existir fallo valvular, FEV no será igual para ambos lados y será inferior en la cavidad donde exista la patología. Debido a las dificultades técnicas, para el VD es de dudoso diagnóstico; siendo mucho más fiable para el VI.



- 
- HASTA AQUÍ LO RELATIVO A LOS ESTUDIOS DE FUNCION VENTRICULAR.
 - RECORDAD:
 - SON PARA VER COMO FUNCIONA EL CORAZÓN.
 - PUEDEN SER EN EQUILIBRIO O DE PRIMER PASO.
 - SE HACEN CON HEMATÍES MARCADOS O 99mTC.



- **ESTUDIOS DE LA PERFUSION CARDIACA:**

- Los estudios electrocardiográficos y enzimáticos son la base del DX de las crisis agudas cardiacas; complementados con las pruebas de esfuerzo practicadas semanas después.
- La MN no está indicada salvo si la prueba de esfuerzo ha resultado dudosa.
- Permite valorar el grado de viabilidad y funcionalidad del miocardio tras la lesión.
- Se harán estudios de perfusión con ^{201}Tl y con $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$ o con NH_3
- Hay dos variedades: Estudio de gated-SPECT y estudios combinados de perfusión/metabolismo con PET.

- 6.2.1: .Gammagrafia-SPECT con ^{201}Tl :

El cloruro de ^{201}Tl se obtiene en un ciclotrón. Se desintegra por captura electrónica y un 10% de su energía emitida es gamma de 135 y 167KeV. Su $T/2$ es de 73h.

Es un catión similar al K^+ . Penetra en las células a través de la membrana celular participando en la bomba de $\text{Na}^+ \text{K}^+ \text{ATPasa}$.

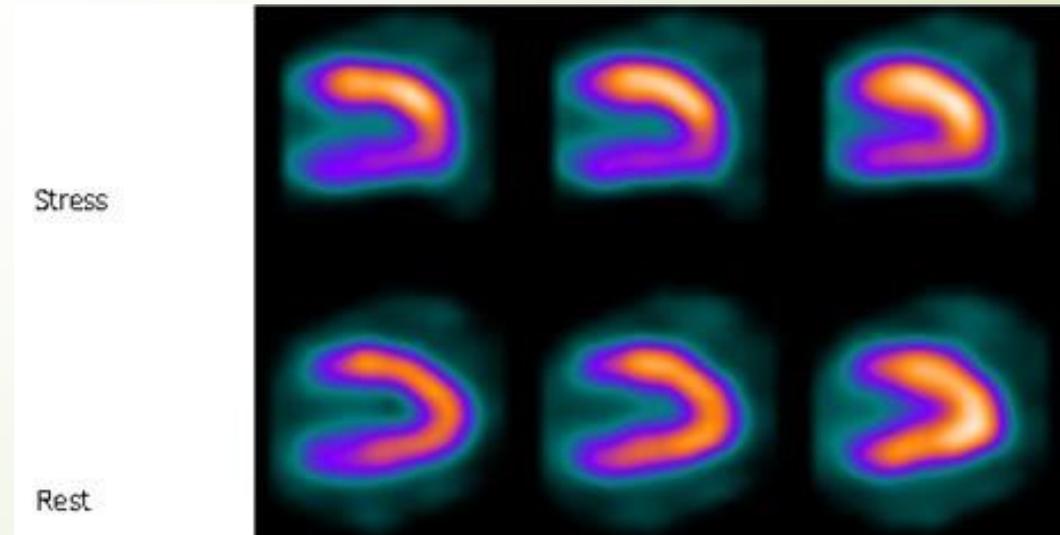
Tras someter al paciente a un esfuerzo, el 90% del ^{201}Tl desaparece de la sangre en 90 sg, incorporándose a miocardio y hueso. Finalizado el ejercicio, el ^{201}Tl es liberado y se redistribuye hacia tracto intestinal y de nuevo hacia miocardio (fenómeno de redistribución). Así podemos valorar la captación del miocardio en dos fases: Tras esfuerzo y en reposo; sin necesidad de una segunda dosis.

La captación depende de dos factores:

1-Caudal de flujo sanguíneo que recibe el músculo cardíaco.

2-La extracción miocárdica, que requiere miocitos sanos.

La máxima concentración de ^{201}Tl en los miocitos se consigue a los 20-25min P.I.





- Técnica de adquisición:

1-Preparación del paciente: Ayunas de 4h. Mantener el ayuno entre esfuerzo y reposo. Suspendir la medicación 48-72h antes.

2- Prueba de esfuerzo/admin. del RT: En máximo esfuerzo cardiaco, inyectar 2mCi de ^{201}Tl (en niños 0,03mCi/Kg). Mantener esfuerzo 1min.

3-Adquisición de imágenes post esfuerzo: 10min P.I.

Paciente en decúbito supino con los brazos en alto.

Colimador LEAP.

Ventana en 135/167KeV del 20%.

Matriz de 64x64 para SPECT (256x256 para imágenes planares).

SPECT de 180° desde -45° a 135°, 30-60 imágenes de 20-40sg cada 3°-6°

(Planares en OAI 45°-70° o LI de 500Kc).

- Técnica de adquisición:

4-Procesado: Las imágenes planares no requieren procesado. La tomografía se reconstruye y se le hacen cortes. También se puede hacer mapas polares (bull eye).

5-2º Tiempo de espera: 3-4h para que se redistribuya el ^{201}Tl .

6-Adquisición de imágenes post reposo: Igual que tras el esfuerzo

7-Tercera Adquisición de imágenes:

Se hacen a las 24h o post reinyección (se puede reinyectar 1mCi).

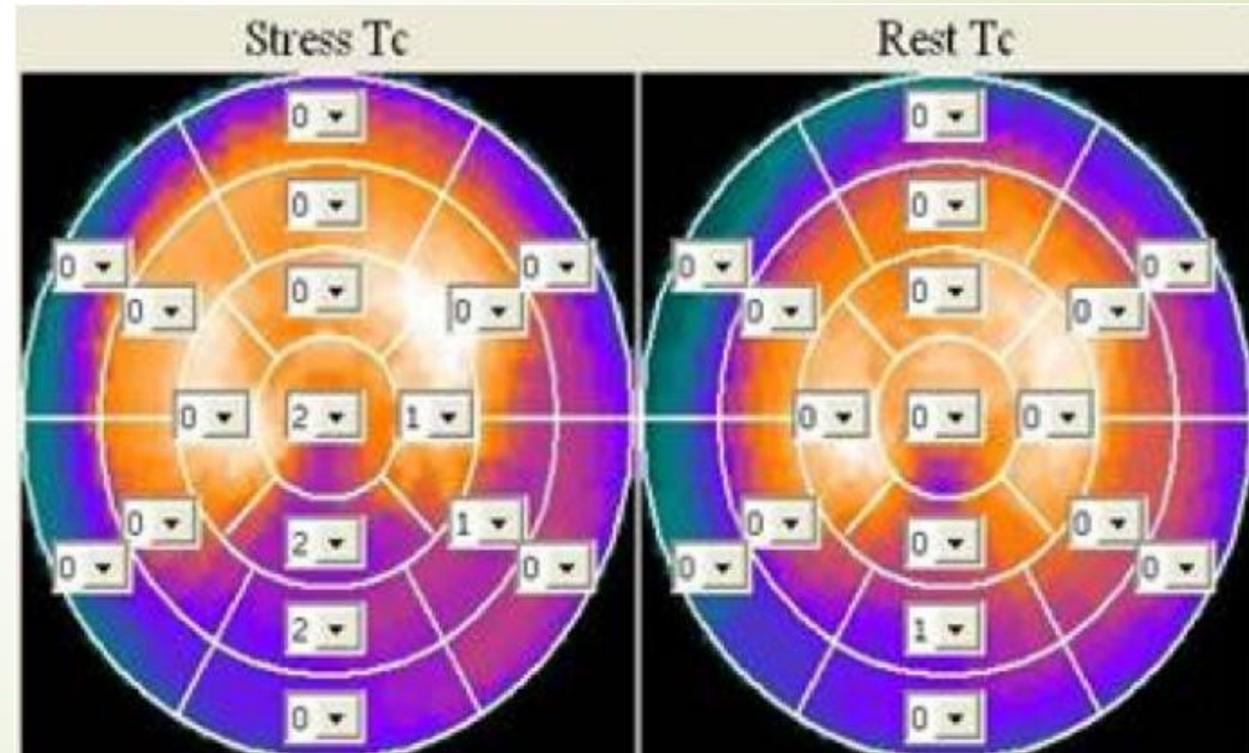
Aconsejable para descartar/confirmar resultados.

La reinyección se hace solo para descartar isquemia y viabilidad miocárdica.

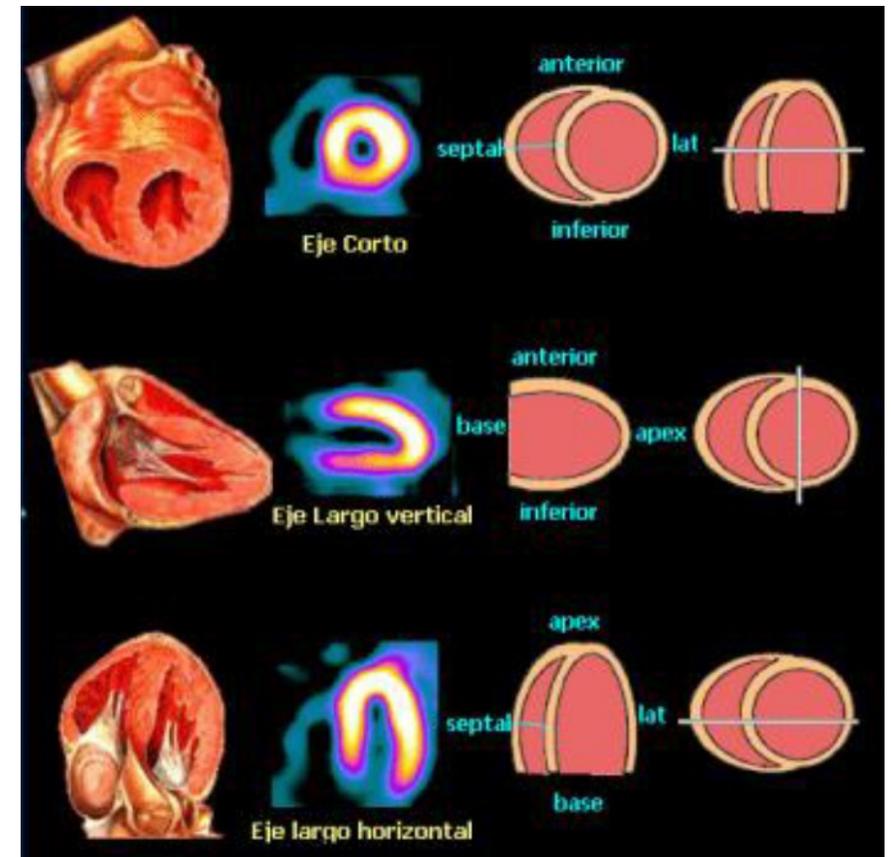
- 6.2.2 Gammagrafía-SPECT con MIBI-99mTc:
- El RF: El MIBI-99mTc o el Tetrofosmin-99mTc via I.V. que penetra de forma pasiva en las células uniéndose a proteínas citosólicas y mitocondriales dependiendo del flujo coronario y de la integridad del miocito.
- No presenta redistribución. Solo se fija el 1-1,5% de la dosis. Se elimina 90% por vía hepatobiliar y orina.
- Técnica de adquisición de imagen: Similar al del talio. Puede hacerse de diferentes formas:

A) Protocolo de dos días: Esfuerzo un día y reposo al día siguiente.
Se administran dos dosis iguales ambos días.

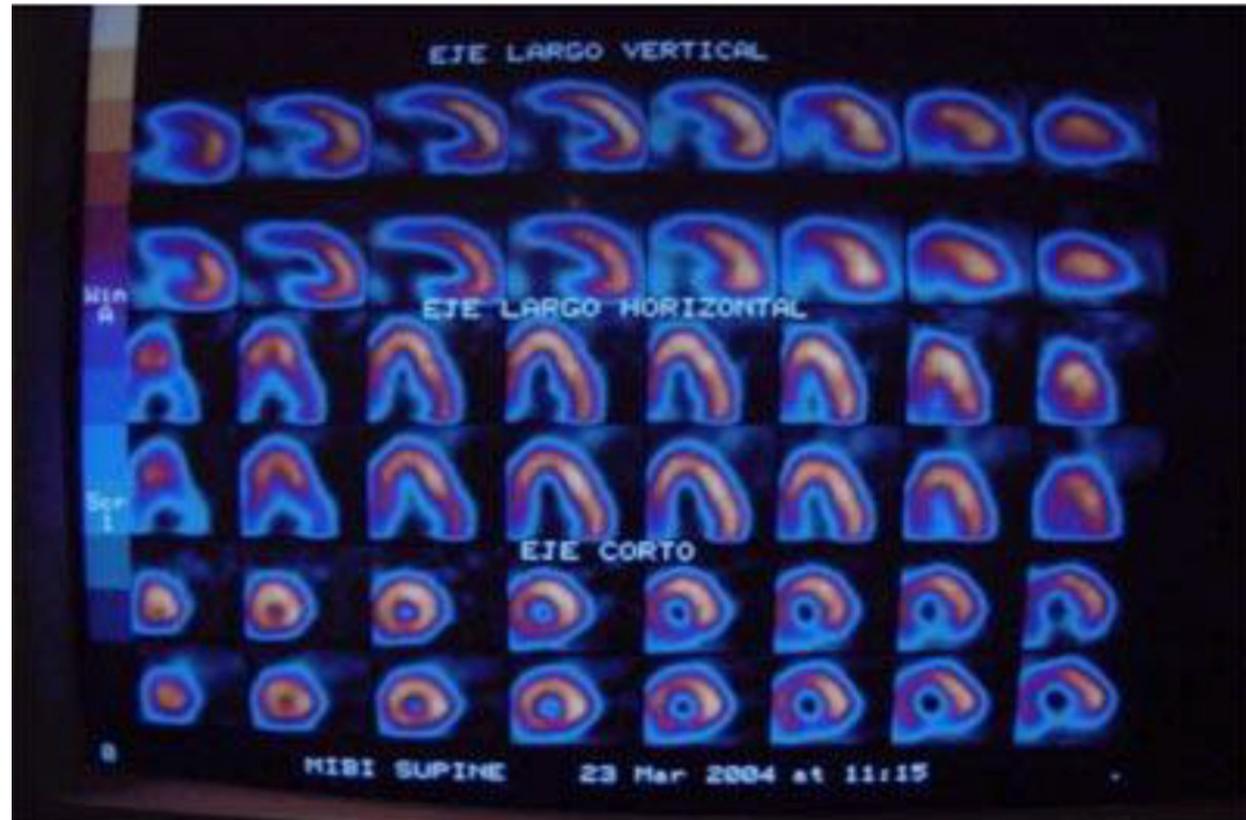
B) Protocolo de un día: Esfuerzo y reposo el mismo día.
Inyectamos una dosis triple para el reposo.



- 1-Preparación previa: Paciente en ayunas y con medicación suspendida 58-72h antes.
- 2-Esfuerzo/administración: En máximo esfuerzo cardiaco, 7-8mCi (Protocolo de 1 día) o 20-25mCi (Protocolo de 2 días).
- 3-Tiempo de espera: En ambos casos esperamos 30-60min P.I
- 4-Imágenes post esfuerzo: Paciente decúbito supino con brazos en alto.
Colimador LEHR. Ventana en 140KeV del 20%.
Matriz de 64x64 para SPECT (256x256 para imágenes planares).
SPECT de 180° desde -45° a 135°, 30-60 imágenes de 20-40sg cada 3°-6°
(Planares en OAI 45°-70° o LI de 750Kc).



- 5-Procesado: Las imágenes planares no requieren procesado. La tomografía permite obtener cortes e imágenes de «bull eye».
- 6-Segundo tiempo de espera: 2-3 horas o 24h según el tipo de estudio.
- 7-Segunda administración del RT: 20-25mCi (ambo protocolos).
- 8-Tercer tiempo de espera: Esperamos 30-60min P.I
- 9-Adquisición imágenes de reposo: Igual que las de estrés.





E.P.C.Gammagrafia-SPECT duales

- Se suele hacer el reposo con Talio y es esfuerzo con MIBI-99mTc.
- **E.P.C.Gammagrafia-SPECT: Alternativas al esfuerzo:**
- Aquellos pacientes que no pueden realizar esfuerzo tiene una alternativa farmacológica.
- Se puede usar Dipyridamol, Adenosina y Dobutamina.
- En todos los casos, unos 5min antes de la inyección del RT se administra el fármaco.
- Se recomienda evitar el uso previo de estimulantes (xantinas, antigripales..)



- **E.P.C.Gammagrafia-SPECT: Interpretación del estudio**

- Valoramos captación de miocardio (perfusión e integridad) y su integridad funcional.
- En miocardio sano, la captación es total y homogénea.

La comparativa de las imágenes de esfuerzo y reposo dará 4 patrones:

1- Patrón normal: Captación homogénea en ambos casos, sin captación pulmonar.

2- Defecto isquémico: Imágenes hipocaptantes no homogéneas en esfuerzo que se normalizan en reposo. Hay miocardio viable.

3- Defecto fijo: Imágenes hipocaptantes no homogéneas en esfuerzo que se mantienen en reposo. Se trata de miocardio no viable.

4- Defecto paradójico: Imágenes hipocaptantes no homogéneas en reposo que no aparecían en esfuerzo. Es compatible con miocardio viable.

Todos estos patrones se estudian con imágenes de «bull eye» o mapa polar

E.P.C. Estudios de Gated Spect

Los estudios SPECT pueden sincronizarse con la onda R del ECG.

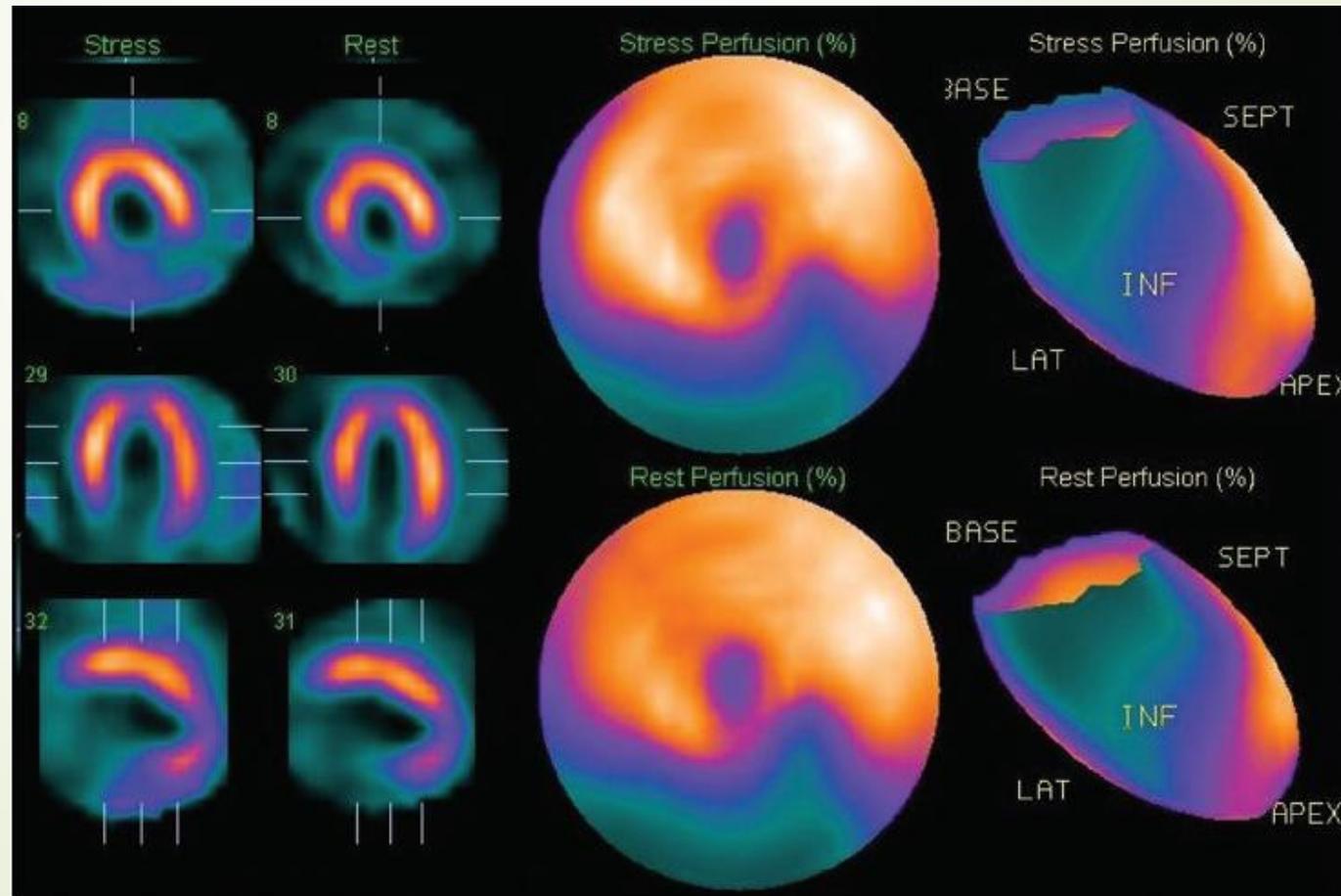
Esto permite analizar a la vez perfusión coronaria y función ventricular.

Esto permite diagnosticar mejor la viabilidad del miocardio.

E.P.C. Estudios con trazadores metabólicos

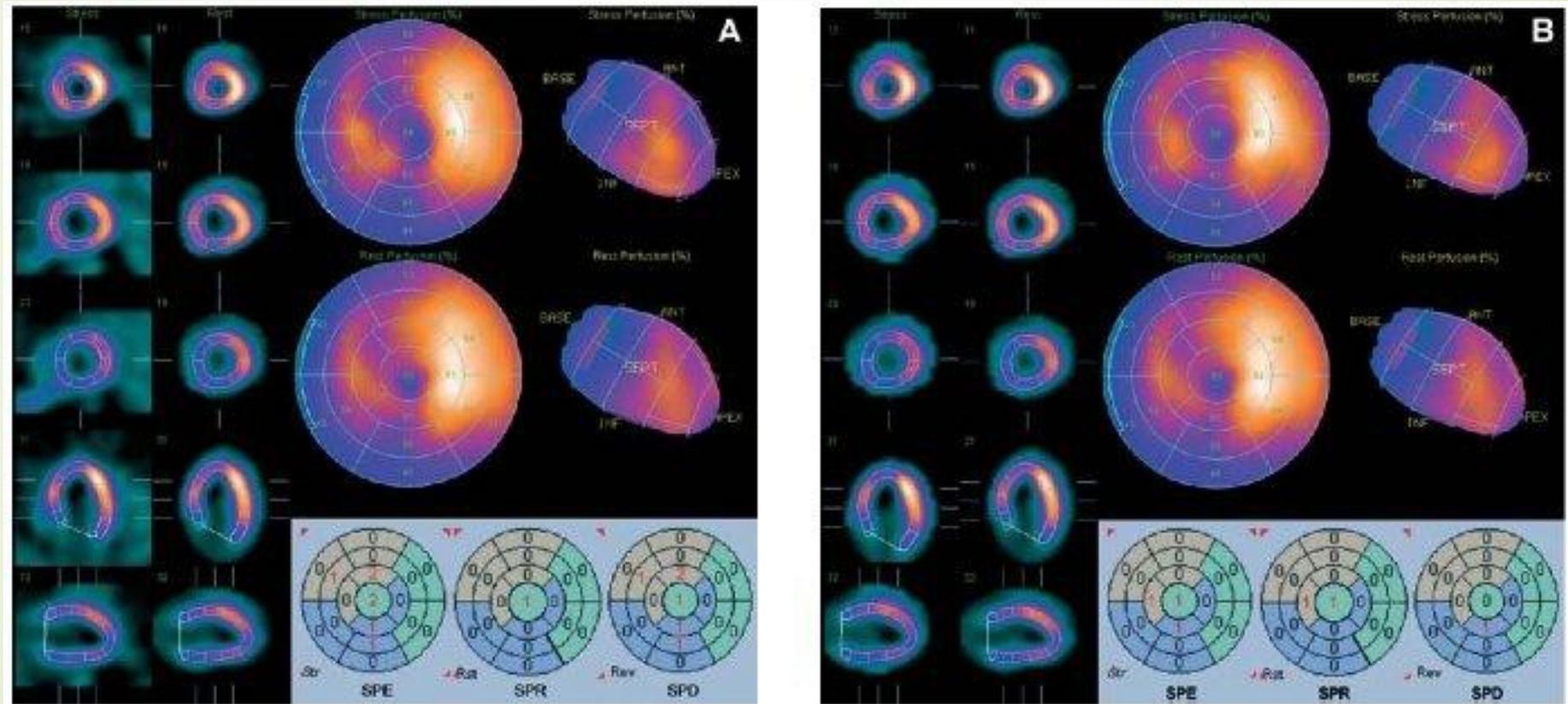
Se pueden usar Ac.Grasos-I123 o 18-FDG ya que glucosa y grasa son combustible para el corazón.

Los estudios con 18-FDG se complementan con un estudio con NH3. que en caso de necrosis serán concordantes.



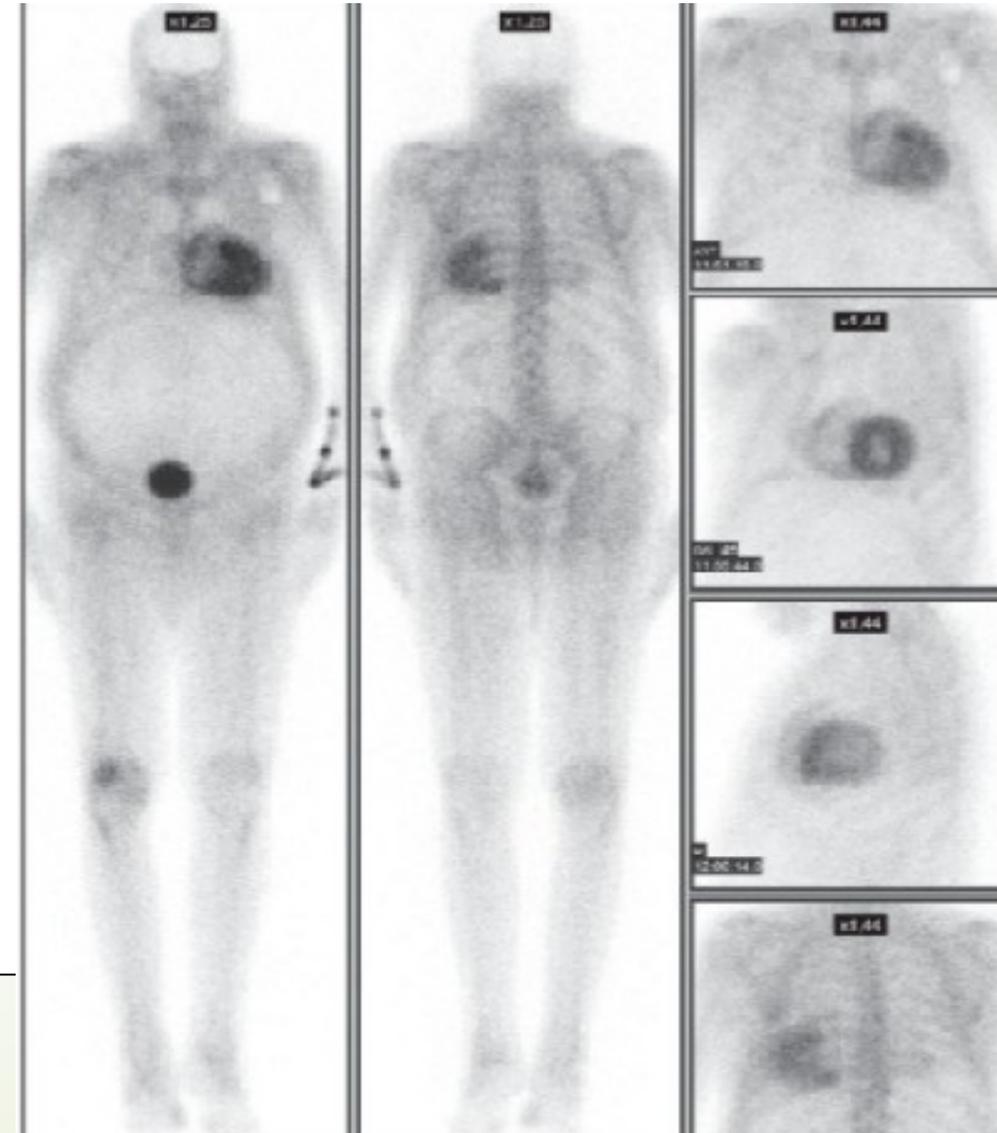
E.P.C. Aplicaciones clínicas:

- Son estudios que dan una sensibilidad y especificidad del 90%.
- Permiten confirmar casos en los que la prueba de esfuerzo no fue concluyente.
- Permite sin usar técnicas invasivas, obtener datos de extensión y localización de la lesión.
- Permite observar defectos isquémicos en más de un área.

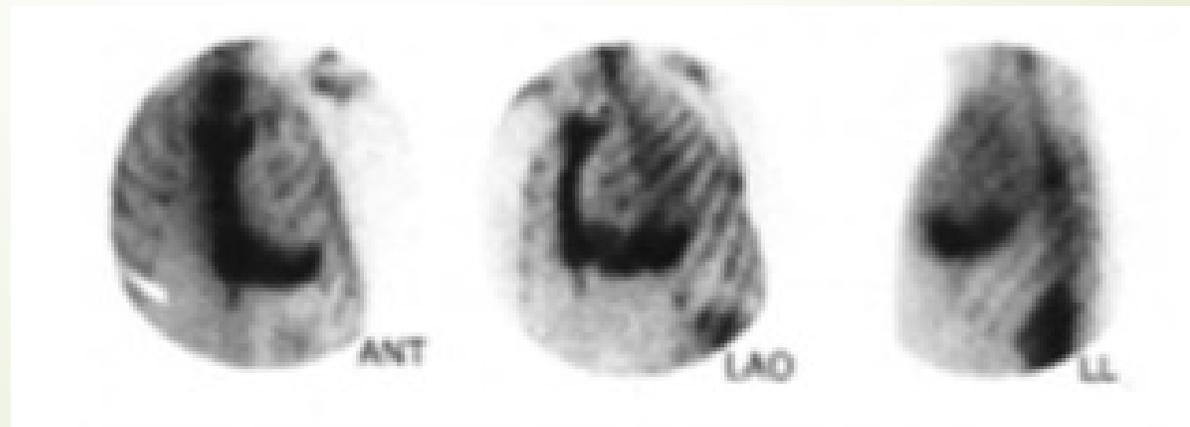


ESTUDIOS DE INTEGRIDAD CELULAR:

- Queremos valorar necrosis miocárdica, amiloidosis, miocarditis y rechazo cardíaco.
- RF empleado:
Pirofosfatos de estaño (PyP-99mTc).
En pacientes sanos irá en un 50% al hueso y el resto se eliminará por vía renal.
También será captado si hay necrosis iocárdica pero mantenimiento de al menos el 10% del flujo sanguíneo.
- Según la patología a estudiar, el estudio debe hacerse a las 10-72h post infarto y nunca después de 5-6 días del mismo.



- Técnica de adquisición:
 - 1-Preparación previa: Ninguna.
 - 2-RF: 15-20mCi de PyP-99mTc con menos del 1% de 99mTc-libre.
 - 3-Instrumentación: Colimador LEAP, Ventana del 20% o inferior en 140KeV. Matriz 256x256.
 - 4-Posición del paciente y proyecciones: Decúbito supino. Imágenes estáticas en AP, OAI 30^a, OAI 70^o y a veces LI.
 - 5-Tiempo de espera: De 2 a 4h PI
 - 6-Tiempo de adquisición: 500-700Kc por imagen. No se procesan
 - 7- Imagen normal y aplicaciones clínicas:
 - Si hay duda de IAM tras ECG y la determinación de enzimas, es aplicable esta técnica de PyP-99mTc. Útil para Dx de amiloidosis, miocarditis y rechazo.
 - En pacientes sanos, solo capta tejido óseo. De haber captación miocárdica, ésta debe valorarse si es mayor, similar o menor que en hueso:



Vídeos útiles para entender las gammagrafías cardíacas:

- <https://www.youtube.com/watch?v=vBLSisCWwNs> gated spect 4 min •
- https://www.youtube.com/watch?v=IL_javOO_hw esfuerzo 6min •
- <https://www.youtube.com/watch?v=BC-Y5yk3tz8> esfuerzo adenosina 6min •
- <https://www.youtube.com/watch?v=DbMFRi1p3dQ> procesado de imágenes 5 mi