

Gamagrafía urológica.



Mario A. Valdez-Ramírez.

Gamagrafía en urología.

- Renograma isotópico.
- Renograma en la HRV.
- Renograma en obstrucciones.
- Renograma en trasplante.
- Radiocistografía.
- Gamagrama testicular.
- PET y SPECT.
- Imágenes de fusión.
- Inmunogamagrafía en carcinoma prostático.



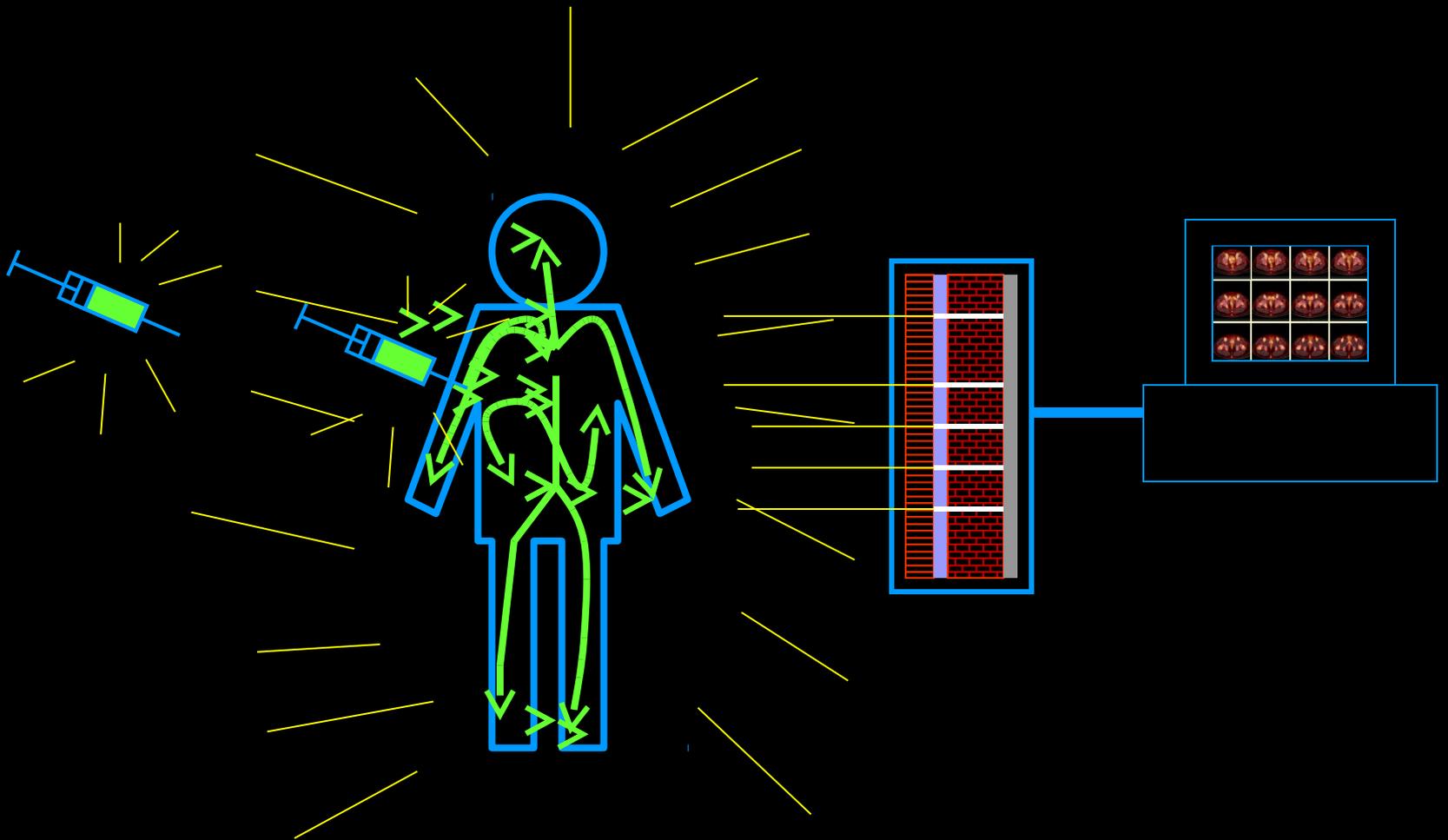
Importancia.

- No basta evaluar la estructura.
- La gamagrafía puede detectar cambios patológicos meses o años antes que otros estudios de imagen.
- Casi todas las pruebas urológicas se pueden hacer en cualquier laboratorio de MN.
- La PET/SPECT (junto con la RMNf) serán las modalidades diagnósticas de mayor auge en los próximos 20 años.

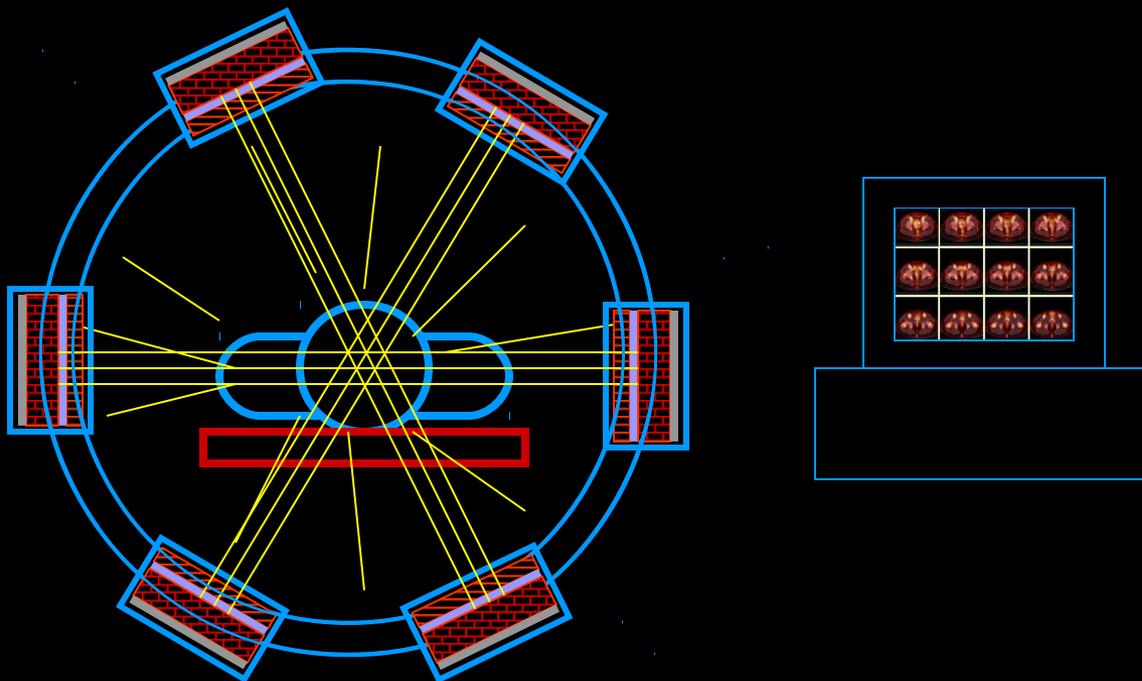
Gamagrafía.

- Se inyectan isótopos emisores γ al paciente.
- Se detectan los rayos colimados.
- Se digitalizan.
- Se visualizan en una terminal.

Gamagrafía.



Gamagrafía.



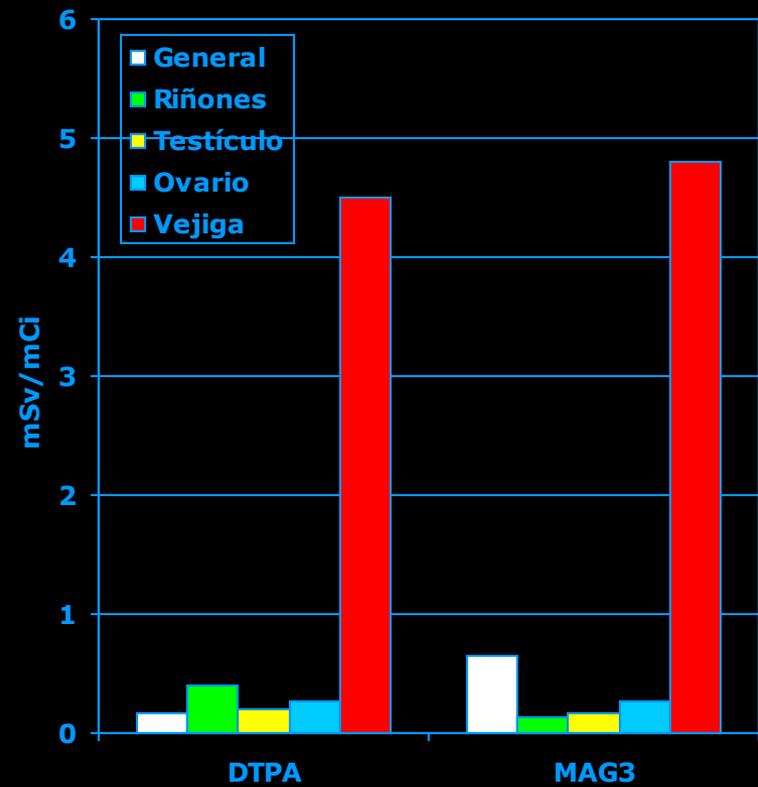
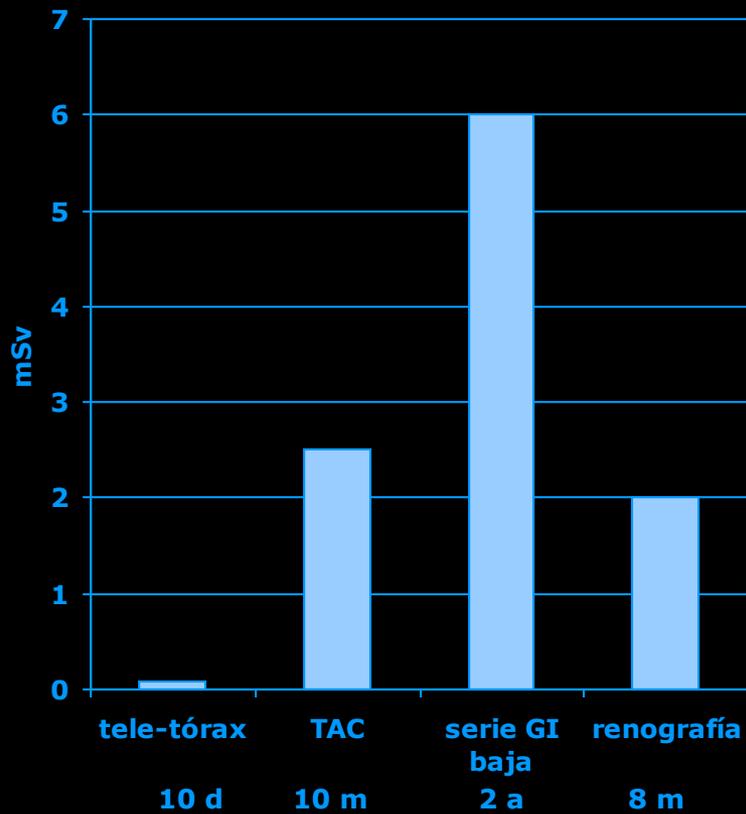
Gamagrafía.



Radiofármacos.

- Agentes de filtración glomerular.
 - Tc^{99m} -DTPA. *
 - I^{125} -yodotalamato.
 - Cr^{51} -EDTA.
- Agentes de secreción tubular.
 - Tc^{99m} - MAG_3 . *
 - I^{123}/I^{131} -yodohipurato.
- Agentes de extracción tubular.
 - Tc^{99m} -DMSA. *
 - Hg^{197} -clormerodrina.
 - Tc^{99m} -glucoheptanato.

Radiación de exposición.



Renograma isotópico.

Renograma isotópico.

- Objetivo:
- Evaluar el funcionamiento renal.
 - Filtración glomerular.
 - Excreción tubular.
 - Evaluar la apariencia de la corteza renal.
 - Defectos de captación.

Renograma isotópico.

- Sensibilidad >90% para detectar lesiones corticales.
 - Superior al US y UE.
 - Similar al TAC.
- Prueba nuclear entre los primeros 5 lugares de popularidad.
- Baja resolución espacial
 - vs TAC.
- Baja resolución temporal
 - vs US.

Renograma isotópico.

Indicaciones,
evaluación de:

- Infección renal o secuela.
- Lesiones no infecciosas
 - Traumatismo.
 - Complicaciones postquirúrgicas.
 - Masas renales.
- Función renal global/individual.
 - De riñón poliquístico.
 - Prequirúrgica.
- Hipertensión renovascular.
- Trasplante renal.
 - Pre y post.

Renograma isotópico.

Modo secuencial.

- Tc^{99m} -DTPA 1 mCi. (0-7 minutos)
 - para medir filtración glomerular.
- Tc^{99m} -MAG₃ 10 mCi (7-20 minutos)
 - para trazar la curva renográfica.
- 60 imágenes.
- 20 minutos.

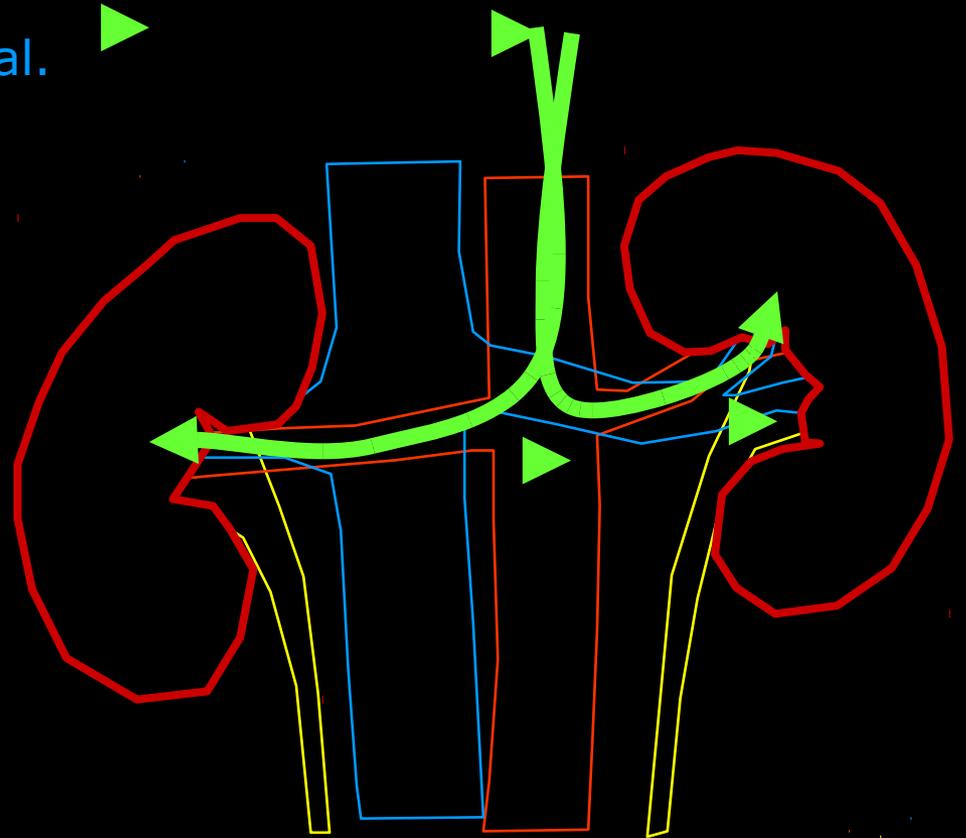
Renograma isotópico.

Modo simple.

- Tc^{99m} -DMSA 3 mCi.
- Imágenes de exposición larga.
- Después de 6 horas.

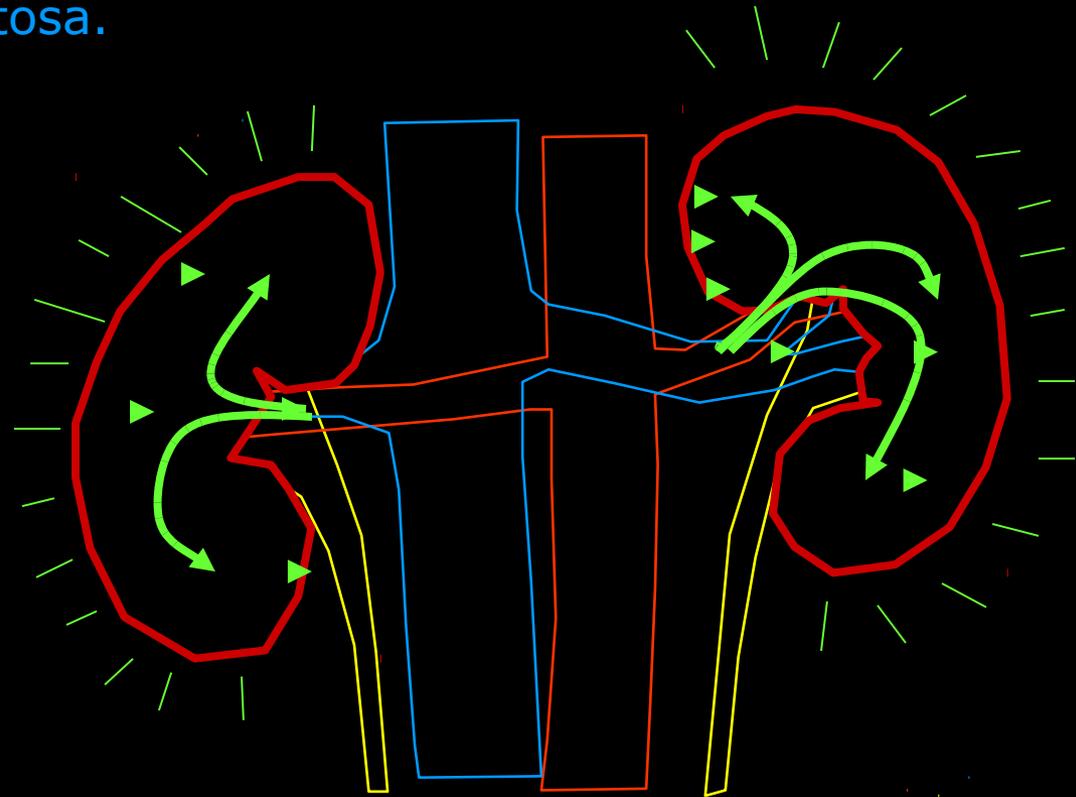
Renograma isotópico.

Fase arterial. ▶



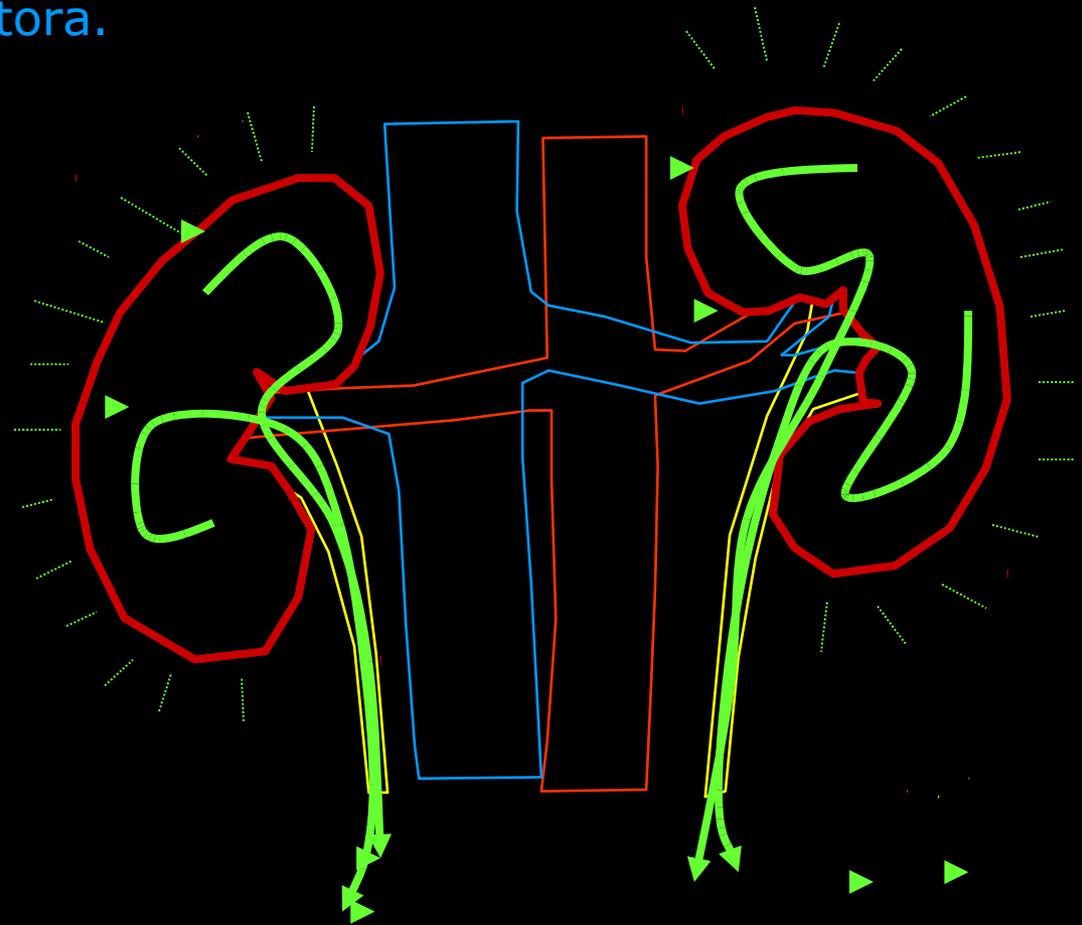
Renograma isotópico.

Fase parenquimatosa.

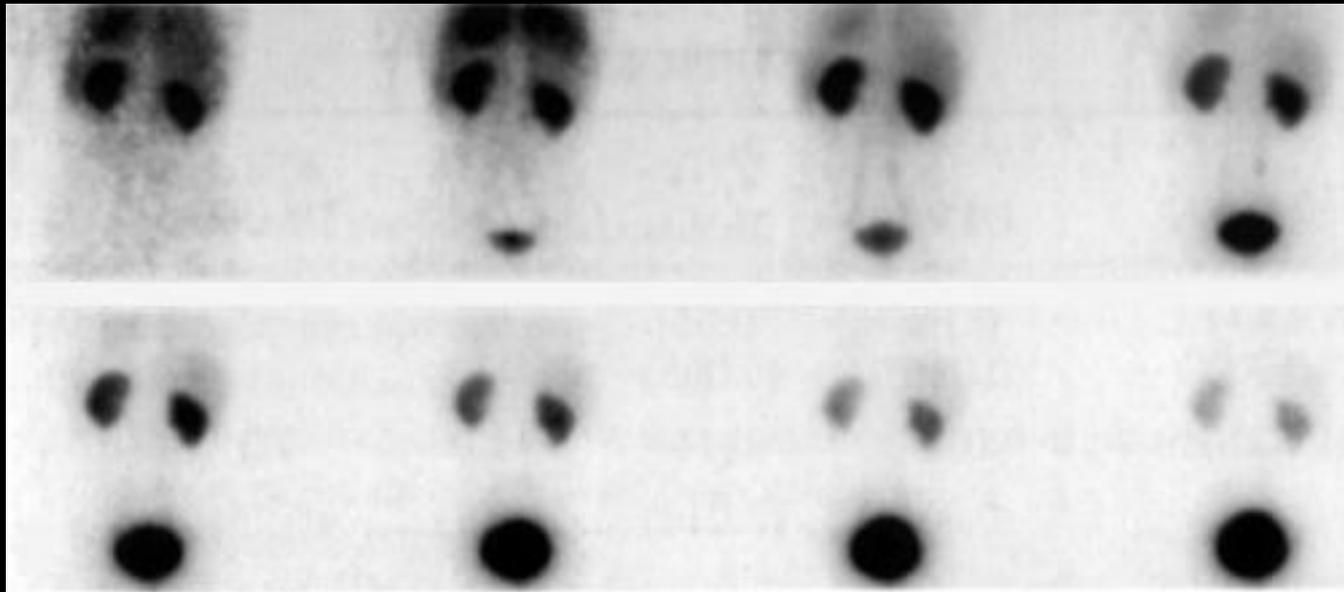


Renograma isotópico.

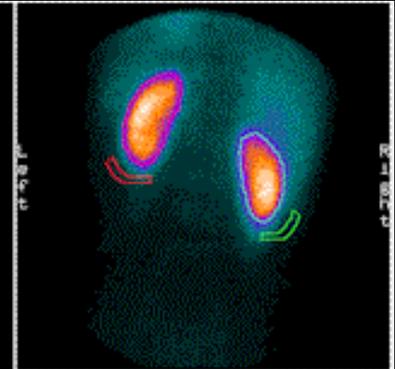
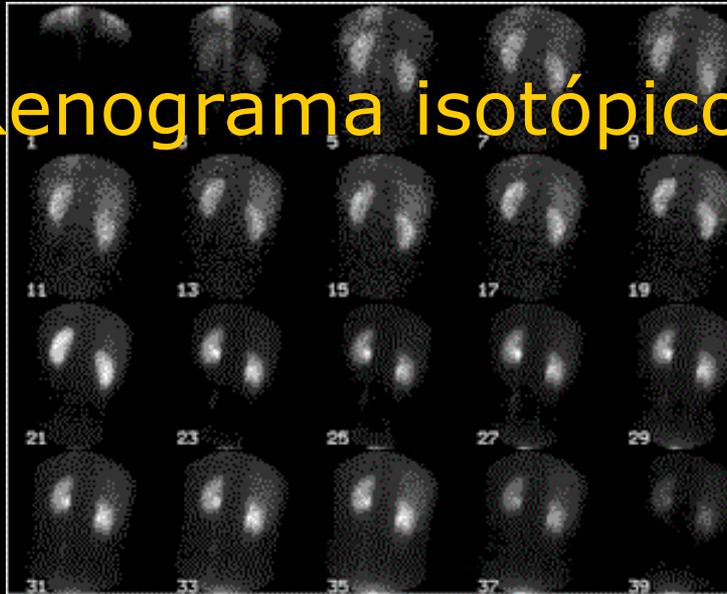
Fase excretora.



Renograma isotópico.



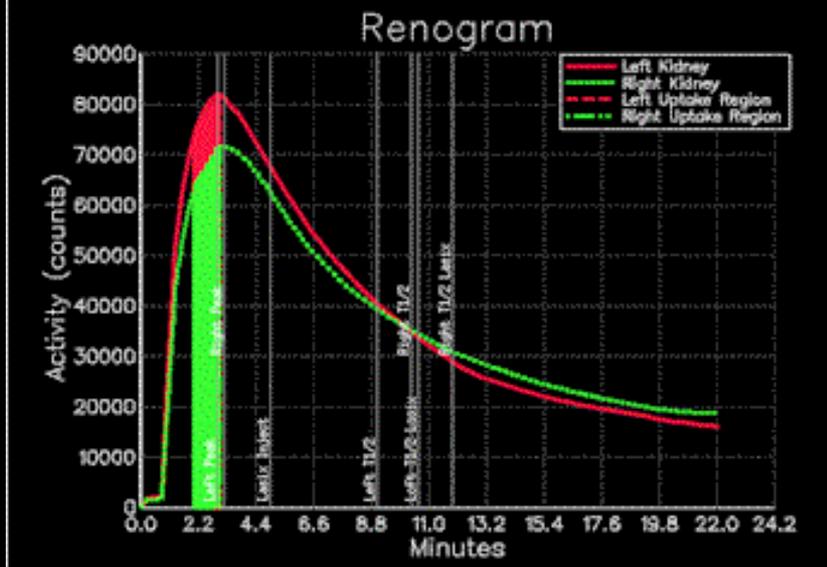
Renograma isotópico.



Name: NCS PF #1
 Institution: SMETHISH MEDICAL CENTER
 Isotope: Tc-99m
 Sample Time (sec): 3.60
 Latix Injection Time (sec): 4.94

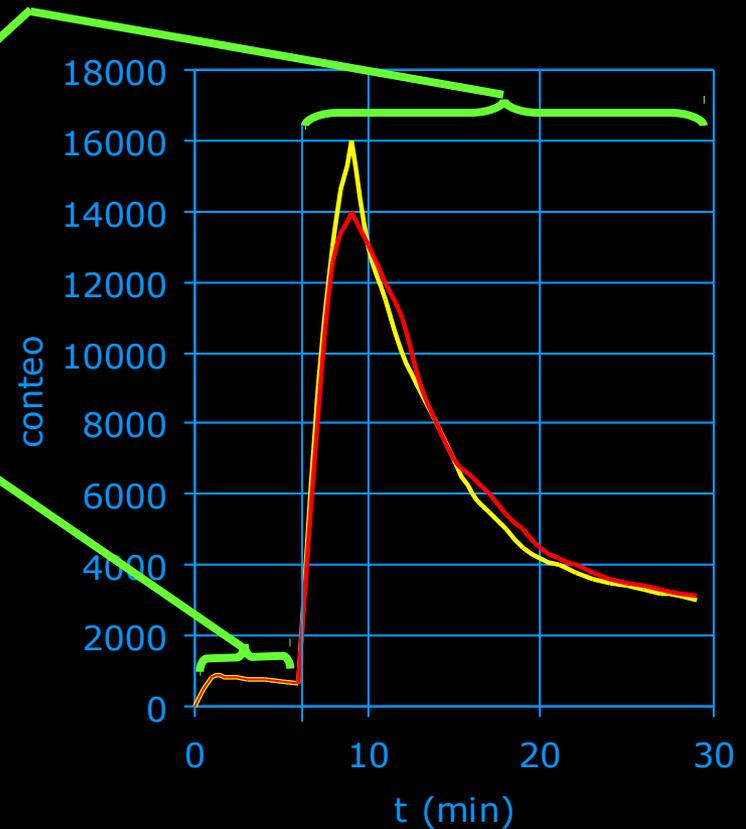
Kidney:	Left	Right
Peak Time (min):	2.32	3.19
Peak Count (total cnts):	81284,41	71706,30
Latix Time (min):	4.94	4.94
Latix Counts (total cnts):	67639,45	62612,18
TI/2(PK) (min):	5.10	7.18
TI/2(Latix) (min):	5.86	6.98
20-min/peak activity ratio:	0.21	0.27
Kidney Area (cpm/ml):	498	398
Blgd Area (cpm/ml):	66	66

Split Uptake:	Left	Right
Area (%):	53,62	46,38
Time interval (min):	2.00 to 3.00	



Renograma isotópico.

- DTPA.
 - fase arterial.
 - fase parenquimatosa.
 - fase excretora.
- MAG_3 .
 - fase arterial.
 - fase parenquimatosa.
 - fase excretora.



Renograma isotópico.

- Función renal global.

- t_{max} actividad.

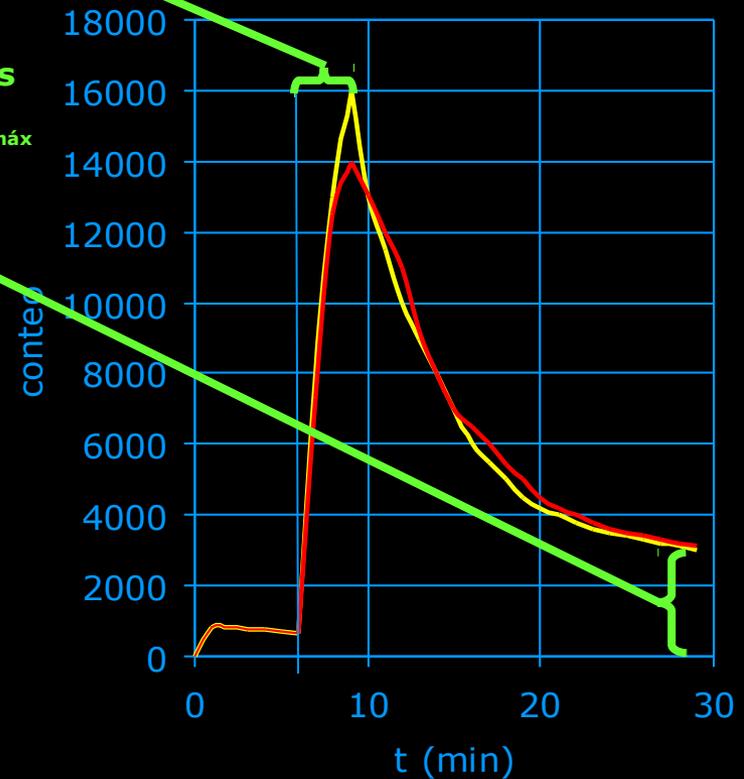
- actividad residual.

- relación renal.

< 5 minutos

< 30% $Act_{m\acute{a}x}$

< 1.5



Renograma isotópico para HRV.

Renograma isotópico para HRV.

- Objetivo:
- Detectar hipertensión dependiente del sistema renina – angiotensina - aldosterona.

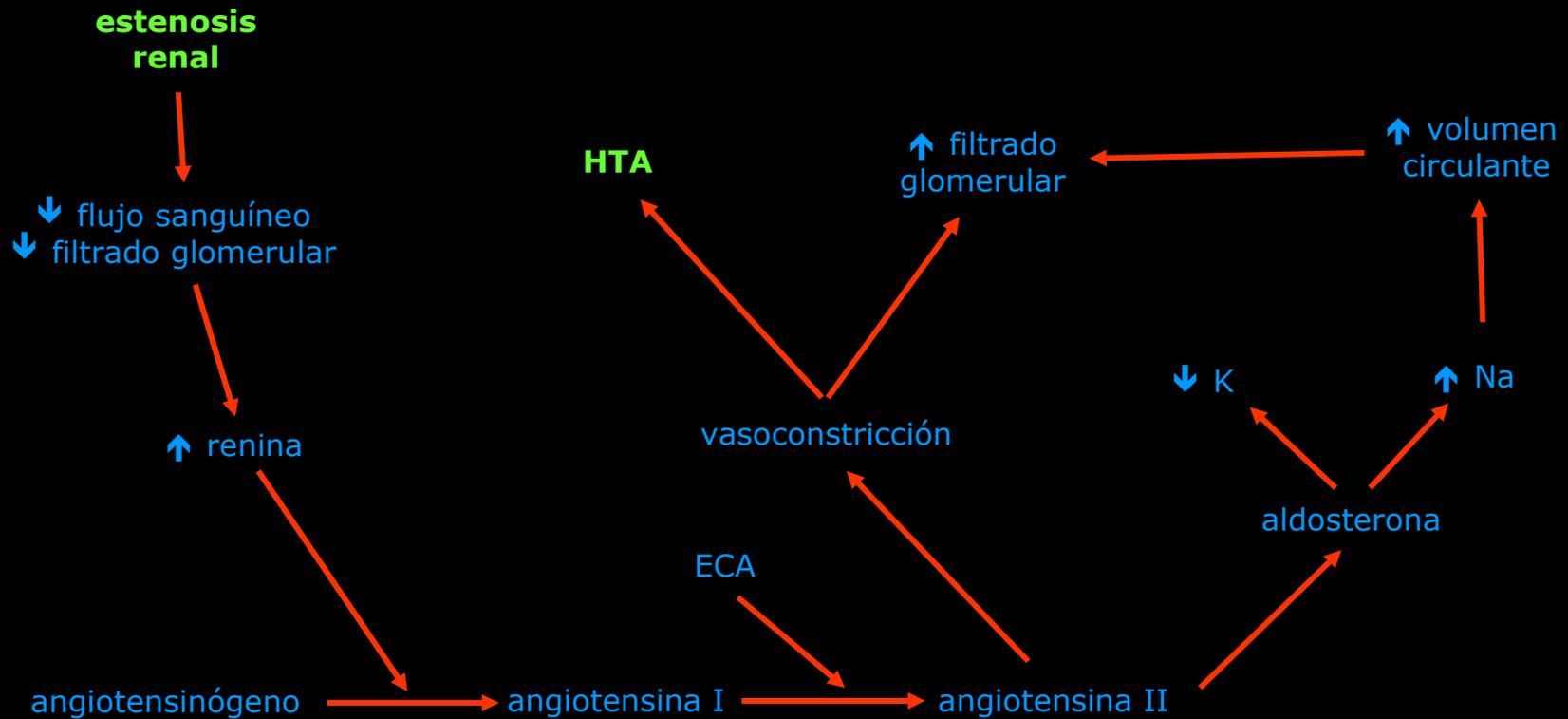
Renograma isotópico para HRV.

Indicaciones:

- Diagnóstico de HRV.
- Selección para angiografía.
- Interpretación funcional postangiográfica.
- Seguimiento postquirúrgico.

- Sólo para pacientes seleccionados.

Renograma isotópico para HRV.



Renograma isotópico para HRV.

- Tc^{99m} -MAG₃, Tc^{99m} -DTPA o I^{131} -OIH.
- 20 minutos.
- 2 secuencias, basal y con inhibidores de la ECA.

- Renograma normal = resultado negativo.
- Renograma anormal unilateral = resultado positivo.

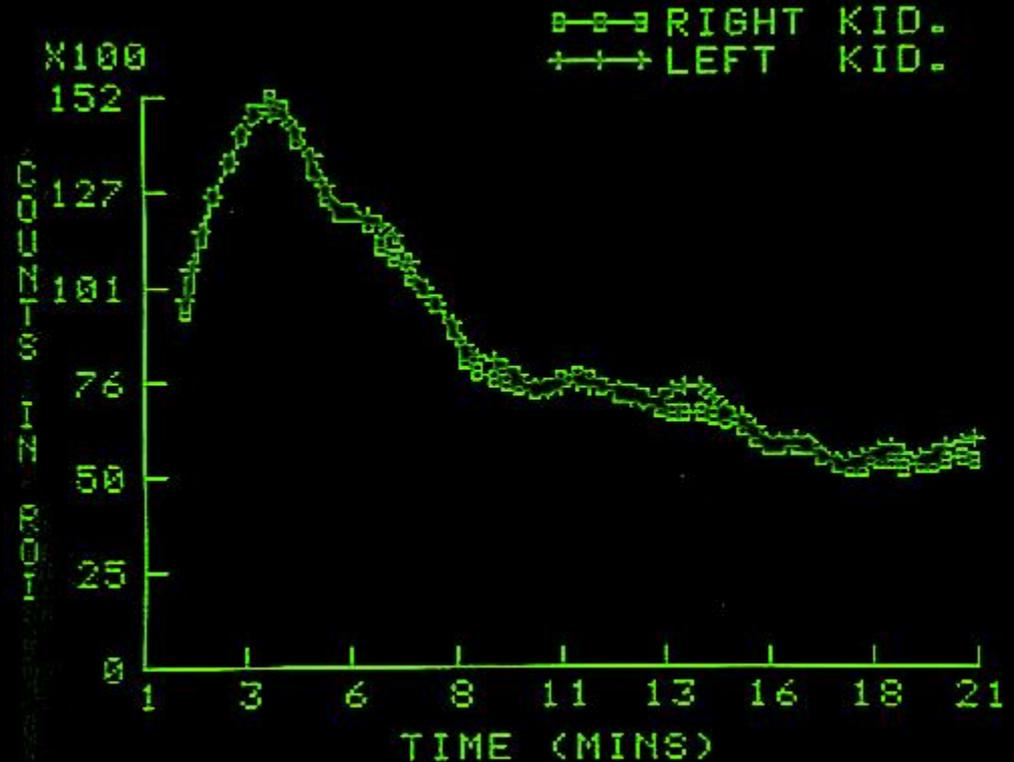
Renograma isotópico para HRV.

- Prueba basal.



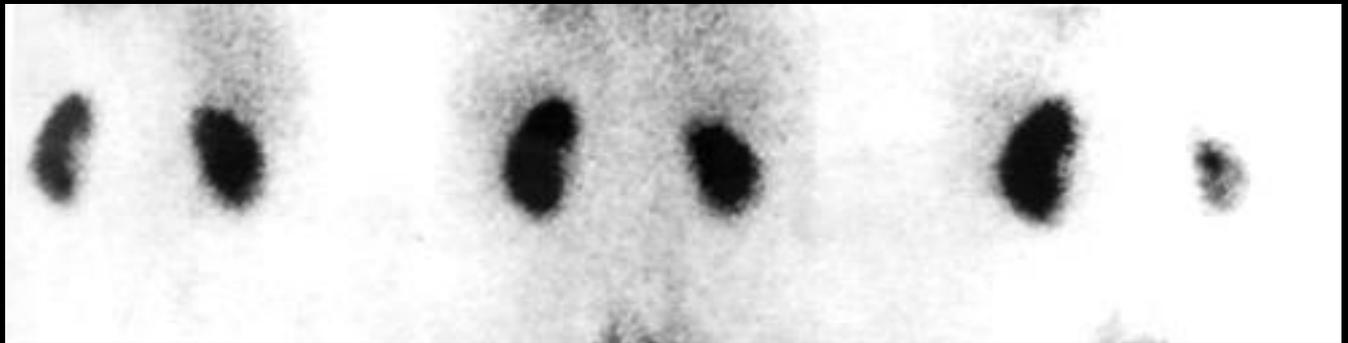
Renograma isotópico para HRV.

- Prueba basal.



Renograma isotópico para HRV.

- Prueba de inhibición.



Renograma isotópico para HRV.

- Prueba de inhibición.



Renograma isotópico para HRV.

- Falsos resultados por:
- Deshidratación.
 - Estenosis bilateral.
 - Prueba basal anormal.
 - Atrofia renal.

Renograma isotópico para HRV.

En pacientes seleccionados con sospecha de HRV:

- Sensibilidad > 70%.
- Especificidad > 90%.

- Predictor de éxito quirúrgico
 - >95% (+).
 - >70% (-).

- Sólo para pacientes seleccionados, no población general.

Renograma diurético.

Renograma diurético.

Objetivo:

- Detectar obstrucciones en la vía ureteral.

- En desuso.
- Inferior a otros métodos.
- Artefactual.

Renograma diurético.

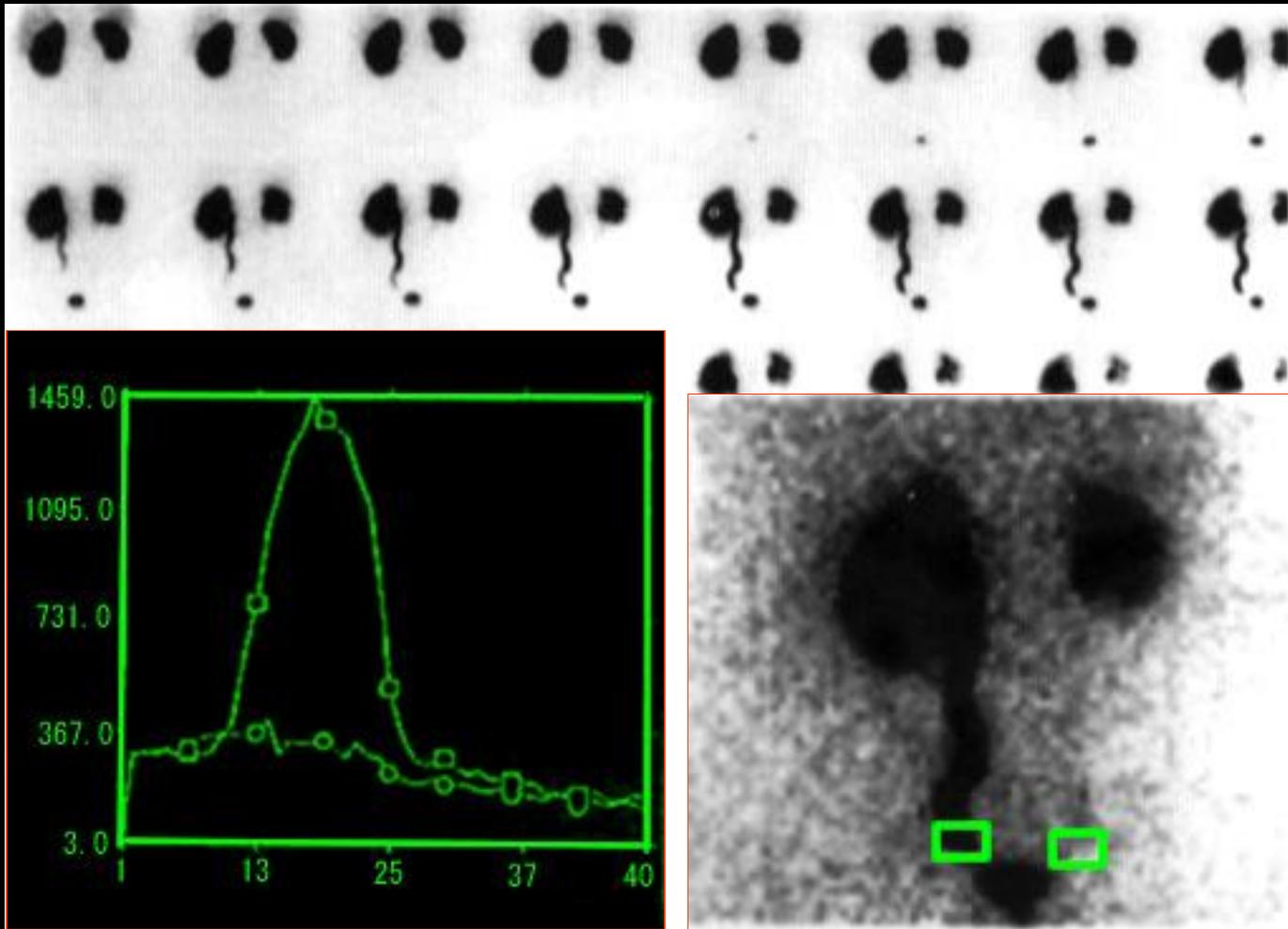
Indicaciones:

- Obstrucción ureteral.
- Hidronefrosis al nacimiento.
- Evaluación postquirúrgica de obstrucción.
- Distensión de la pelvis renal sintomática.

Renograma diurético.

- Tc^{99m} -MAG₃, I^{131} -OIH o Tc^{99m} -DTPA.
- Furosemida antes o después del RN.
- RDI fijada proximal a la obstrucción.
- 20 minutos.

Renograma diurético.



Radiocistografía.

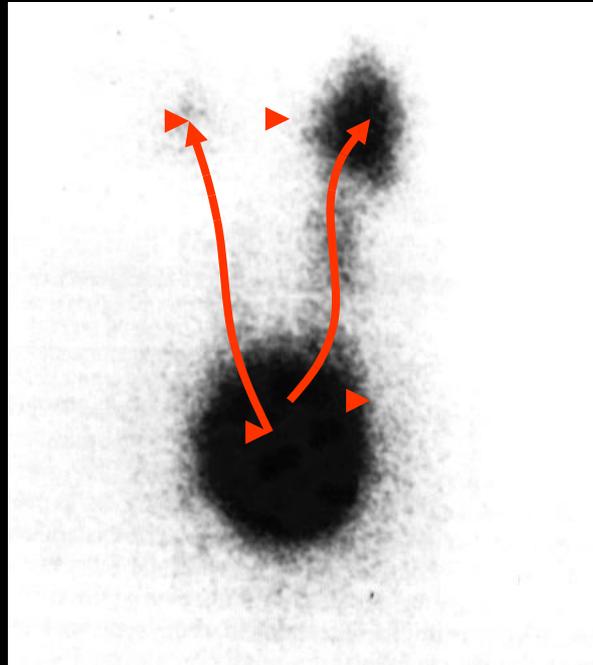
Radiocistografía.

- Objetivo:
- Evaluar el reflujo vésico-ureteral.
 - 100 veces menos radiación que la cistografía normal.
 - No hay detalles anatómicos.

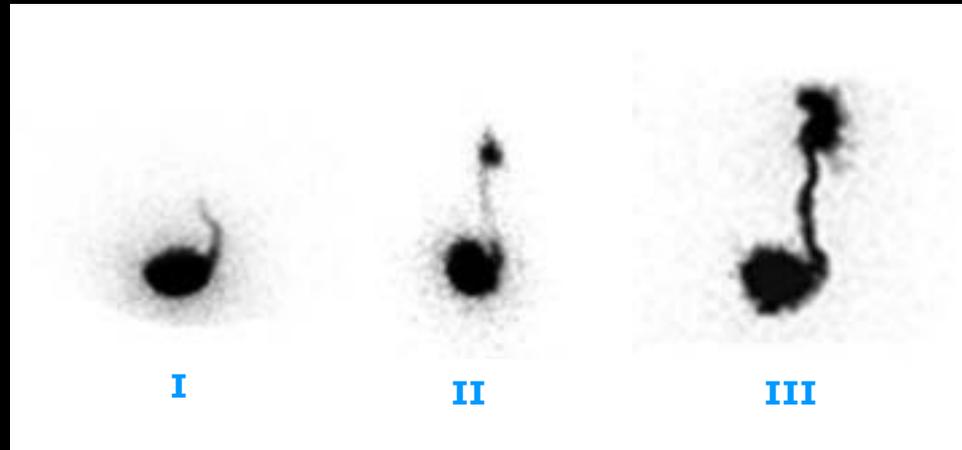
Radiocistografía.

- Directo.
 - Tc^{99m} -DTPA o Tc^{99m} -azufre coloidal por sonda uretrovesical.
 - Preferido.
- Indirecto.
 - Reutiliza lo acumulado después de un renograma.

Radiocistografía.



Radiocistografía.

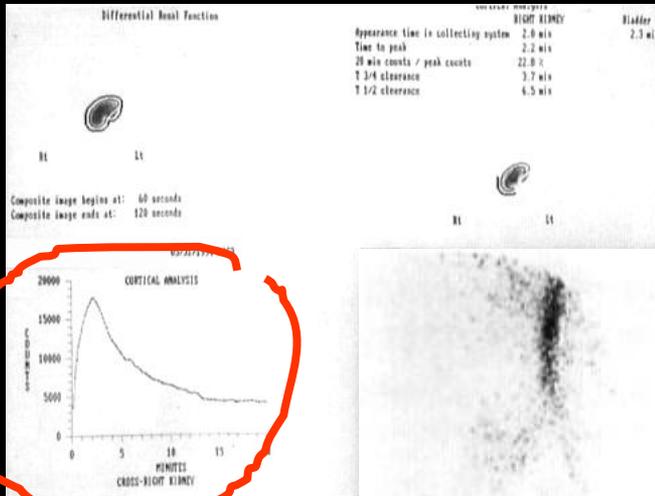


Evaluación post-transplante.

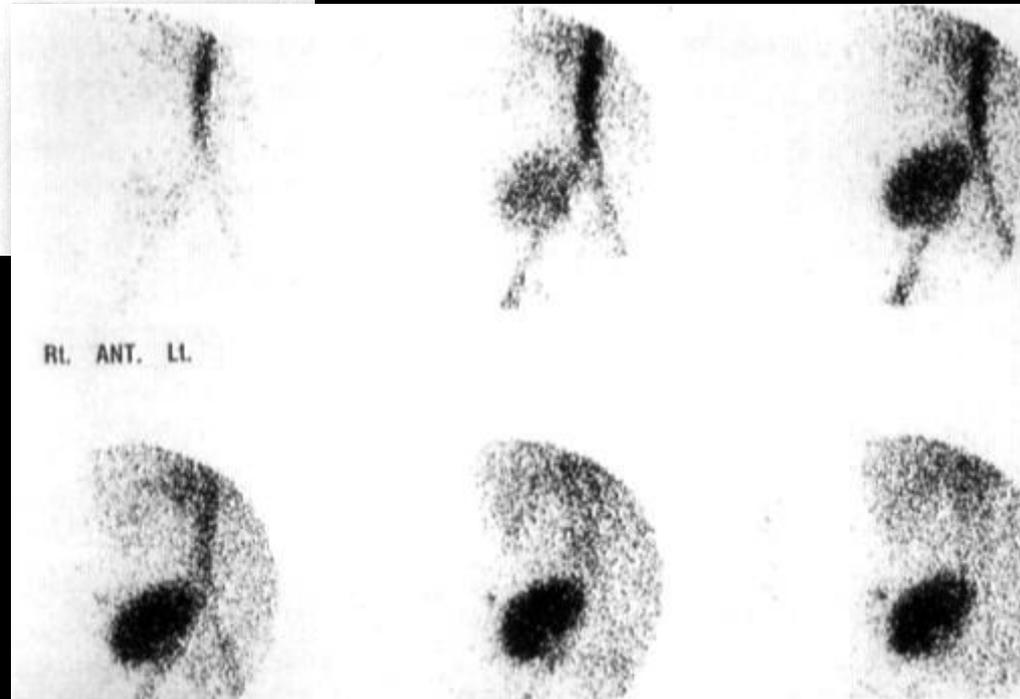
Evaluación post-transplante.

- Objetivo:
- Evaluar la función renal del órgano transplantado.
- Evaluar:
 - Fístulas.
 - Rechazo agudo.
 - Necrosis tubular aguda.

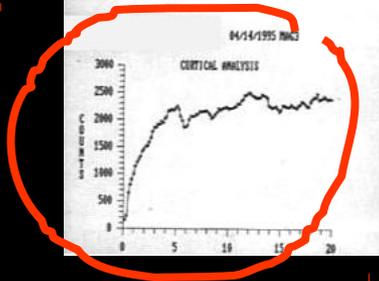
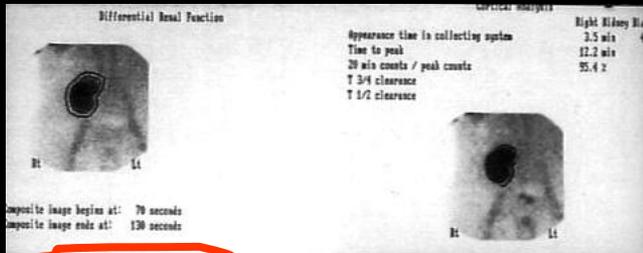
Evaluación post-transplante.



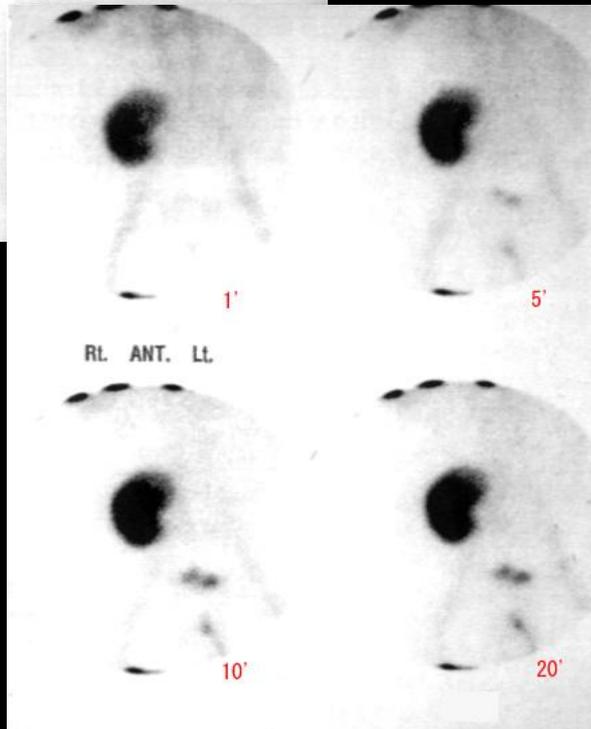
- Renograma post-transplante.



Evaluación post-transplante.



- Renograma post-transplante.



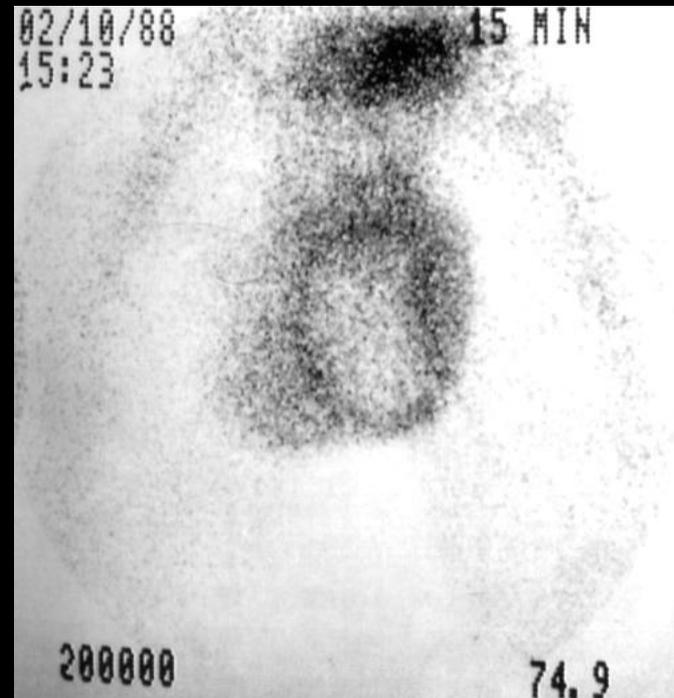
Evaluación testicular.

Evaluación testicular.

- Objetivo:
- Infarto o torsión testicular.
 - Superado por el eco Doppler y la TAC.

Evaluación testicular.

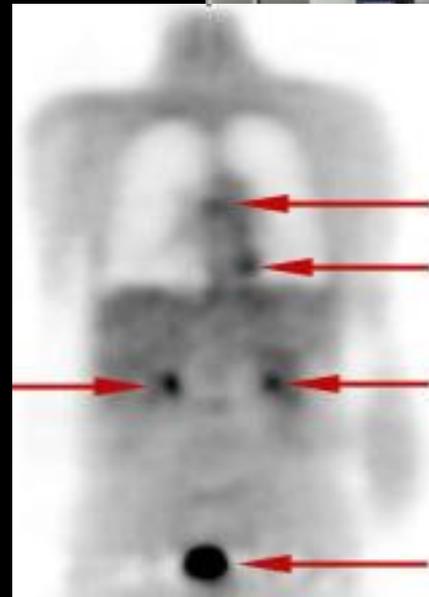
- Tc^{99m}-pertechnetato.
- 20 imágenes.
- 15 minutos.



PET γ SPECT.

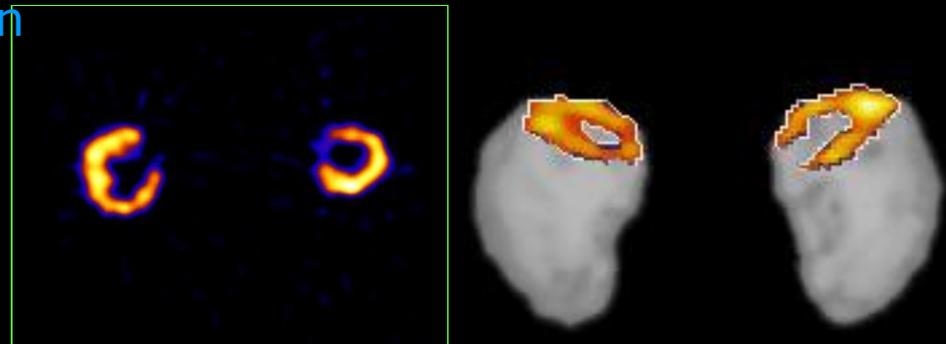
Tomografía de emisión de positrones: PET.

- *Positron Emission Tomography.*
- Se inyectan emisores de positrones al paciente.
- Positrón+electrón=2 fotones.
- Se detectan los dos fotones.
- Se calcula su posición.
- Se calcula la reconstrucción 3D.



Tomografía computarizada de emisión de fotón único: SPECT.

- *Single-Photon Emission Computed Tomography.*
- Se inyectan isótopos que se desintegran en radiación γ .
- Se detectan los rayos colimados.
- Se calcula su posición.
- Se calcula la reconstrucción 3D.



PET y SPECT.

- Ambas:
- Reconstrucción semejante a la TAC y RMN.
 - Menor resolución espacial que la TAC o RMN.
 - Ricas imágenes funcionales.
 - Pobres imágenes morfológicas.

PET y SPECT.

PET:

- Isótopos ligeros (C, O, N, F).
- Requiere una fuente de isótopos cercana (ciclotrón).
- Buena resolución temporal.
- Costoso.

SPECT:

- Isótopos comunes de gammagrafía planar.
 - Mala resolución temporal.
 - Menor resolución espacial que la PET.
 - Más barato que la PET.
-
- Casi todos los nuevos equipos de gammagrafía pueden hacer SPECT.

PET/SPECT multimodal.

Reconstrucciones de fusión.

- TAC, RMN, SPECT, PET, combinadas para una reconstrucción 3D morfológica y funcional.

- Más populares:

- TAC+SPECT.
- TAC+PET.

- Existen equipos que incluyen TAC+PET/SPECT juntos.



Inmunogamagrafía.

Inmunogamagrafía.

- El radionúclido se une con un anticuerpo.
- El radionúclido se une a órganos, tejidos o células específicas.
- Se detecta por cualquiera de las modalidades de gamagrafía.

Inmunogamagrafía para carcinoma de próstata.

- In¹¹¹-capromab pendétido (*ProstaScint*).
- Anticuerpo dirigido contra el receptor del APE.
- Se detectan por gamagrafía planar o SPECT.
- Preferida SPECT+TAC.
- Preferida substracción vascular con SPECT de Tc^{99m}-RBC.

Inmunogamagrafía para carcinoma de próstata.

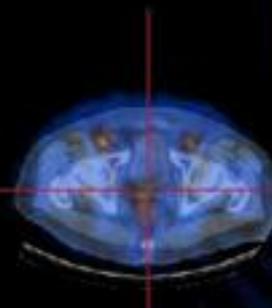
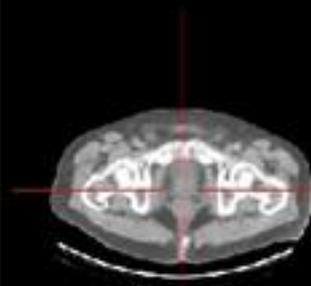
- Indicaciones:
- Probar invasión a ganglios linfáticos para estadificación.
 - Probar recurrencia local.
 - Probar metástasis distantes.
 - Planeación prequirúrgica.

Anatomic

Physiologic

Fusion

In-111
Prostascint



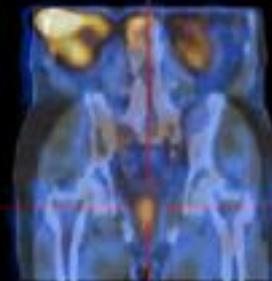
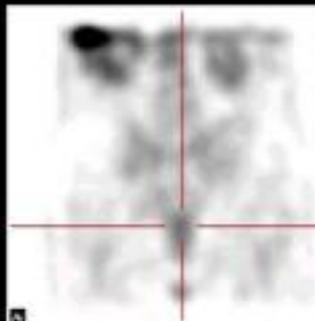
Transaxial

Transaxial

Transaxial



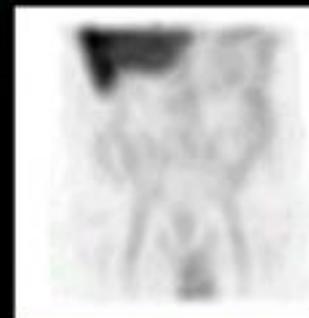
Scout View



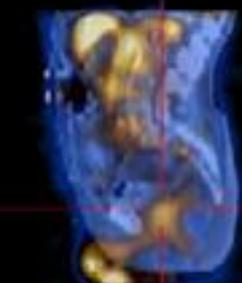
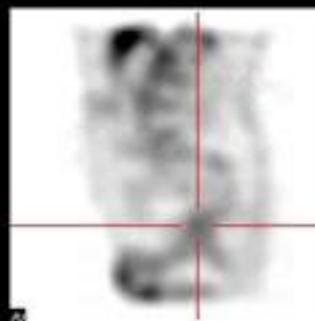
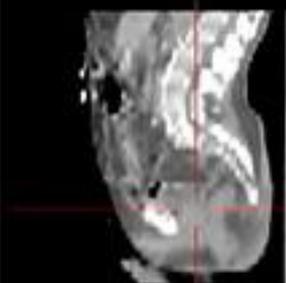
Coronal

Coronal

Coronal



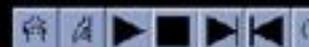
Max Intensity Projection



Sagittal

Sagittal

Sagittal

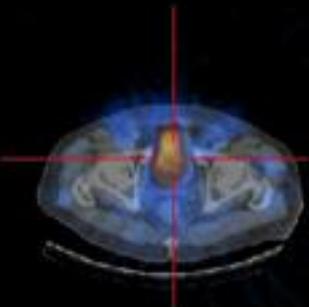
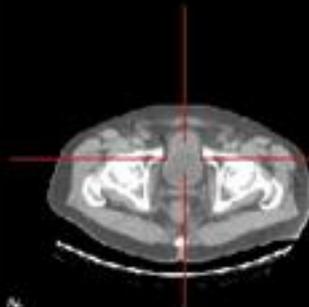


Anatomic

Physiologic

Fusion

Tc99m Red Blood Cell



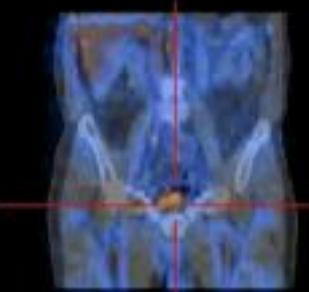
Transaxial

Transaxial

Transaxial



Scout View



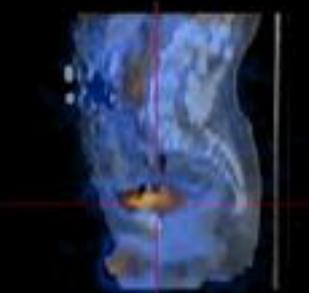
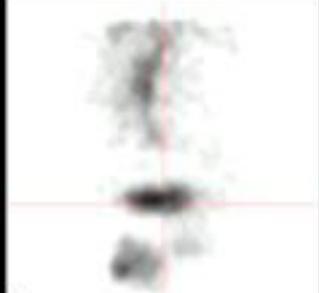
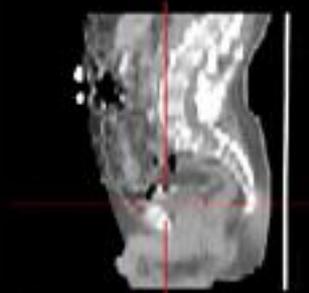
Coronal

Coronal

Coronal



Max Intensity Projection



Sagittal

Sagittal

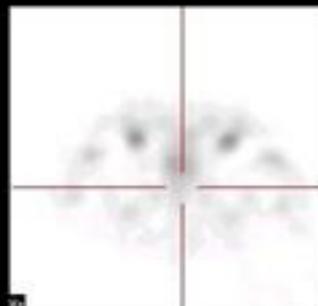
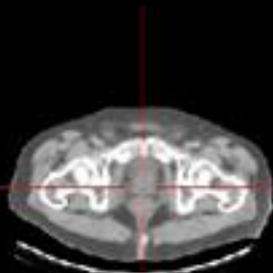
Sagittal

Anatomic

Physiologic

HR For Fusion Tc99m

In111 vs Tc99m

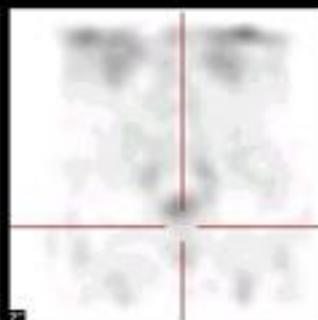
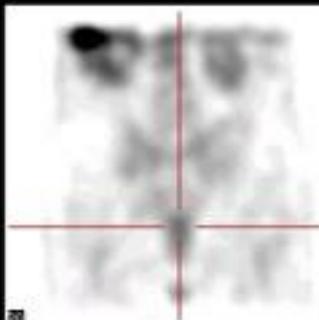


Transaxial

Transaxial

Transaxial

Scout View



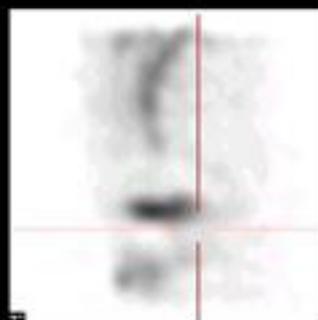
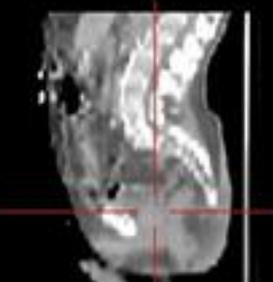
Coronal

Coronal

Coronal



Max Intensity Projection

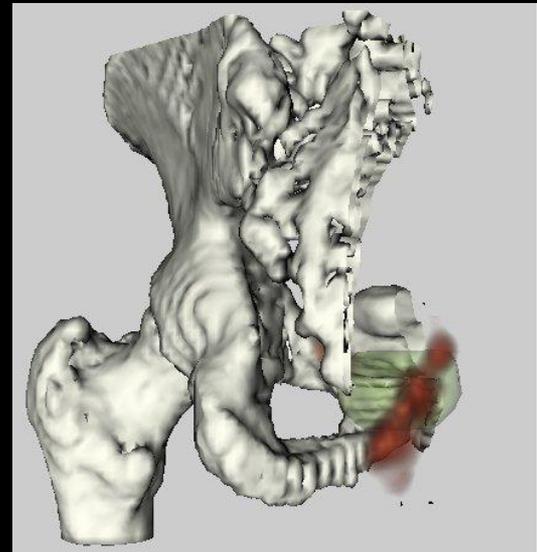
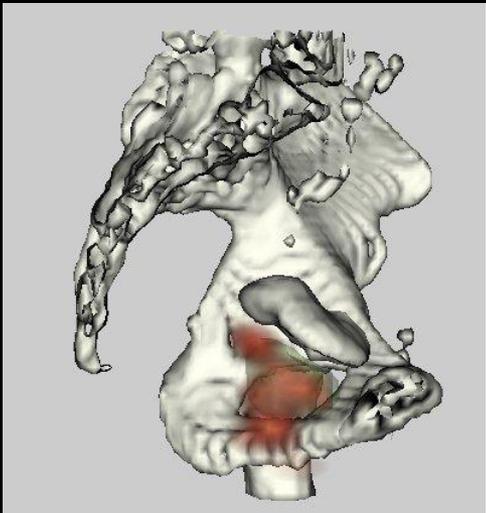
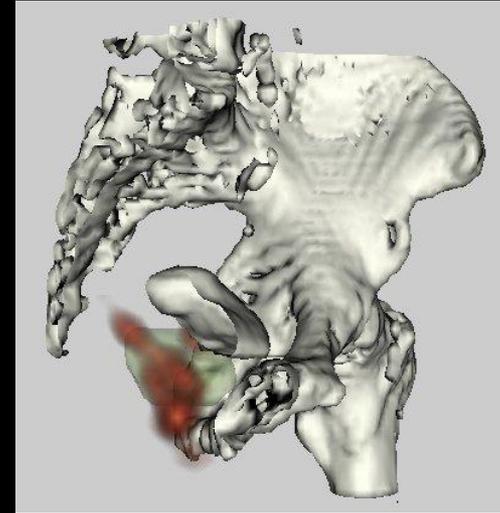
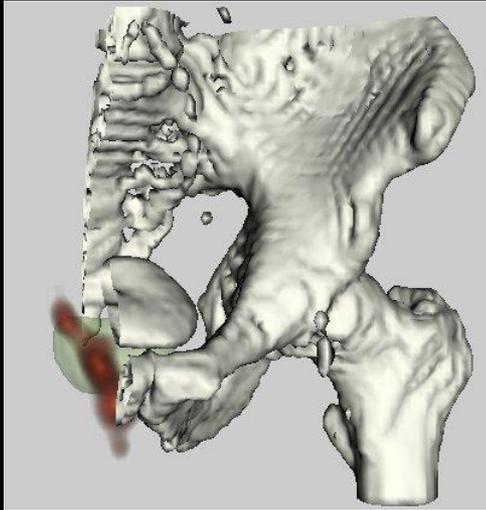


Sagittal

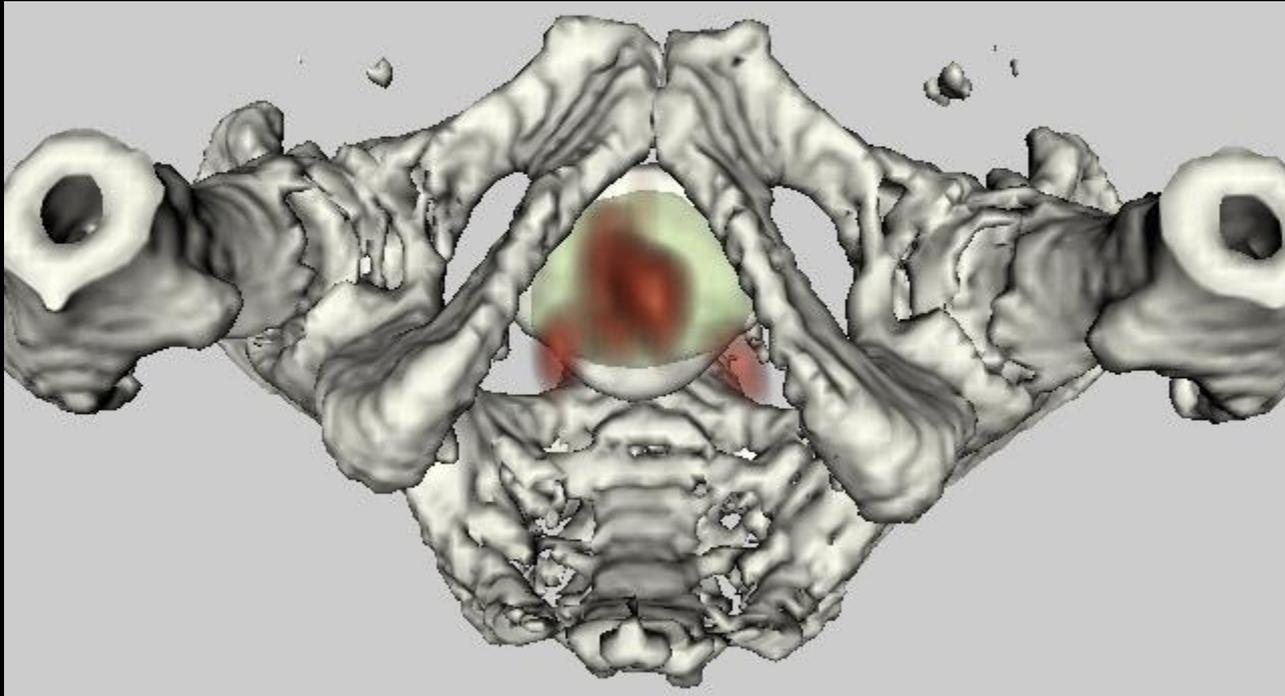
Sagittal

Sagittal

Inmunogamagrafía para carcinoma de próstata.



Inmunogamagrafía para carcinoma de próstata.



¿Preguntas?

Gamagrafía urológica.



Mario A. Valdez-Ramírez.

Hola. Mi nombre es Mario Valdez, y les voy a mostrar la aplicación de la gamagrafía en urología.

Gamagrafía en urología.

- Renograma isotópico.
- Renograma en la HRV.
- Renograma en obstrucciones.
- Renograma en trasplante.
- Radiocistografía.
- Gamagrama testicular.
- PET y SPECT.
- Imágenes de fusión.
- Inmunogamagrafía en carcinoma prostático.



Esta es la lista de cosas que vamos a revisar.

Podemos dividir los estudios gamagráficos en planares y de reconstrucción.

Los planares son aquellos en los que se usa un colimador fijo que recoge los rayos gamma en un solo plano.

Todos estos (los primeros 7) son planares.

Los de reconstrucción utilizan técnicas derivadas de la TAC para reconstruir una sección o corte 2D a partir de la información recopilada en varios planos. Luego, estas secciones o cortes pueden usarse para crear una reconstrucción 3D.

Estos dos (PET/SPECT) son de reconstrucción.

También podemos dividirlos en inmunológicos y no inmunológicos, dependiendo si el isótopo está unido a una sustancia portadora con propiedades inmunes (como una inmunoglobulina).

Este último (la inmunogamagrafía para próstata) es una modalidad inmunológica que se suele usar combinada con reconstrucción aunque podrían (teóricamente) usarla planar.

En un momento veremos cada una en detalle.

Importancia.

- No basta evaluar la estructura.
- La gamagrafía puede detectar cambios patológicos meses o años antes que otros estudios de imagen.
- Casi todas las pruebas urológicas se pueden hacer en cualquier laboratorio de MN.
- La PET/SPECT (junto con la RMNf) serán las modalidades diagnósticas de mayor auge en los próximos 20 años.

Voy a insistir en la importancia de la gamagrafía porque su capacidad está subestimada y es posible usar los métodos gamagráficos como un alternativa más segura que otros métodos radiológicos. Y además por las siguientes razones.

La mayoría de los estudios de imagen en urología demuestran la estructura del organismo, pero las gamagráficas pueden demostrar la función.

A la inversa, los estudios gamagráficos tienen una resolución espacial relativamente pobre (comparada con otros estudios) y por lo tanto no pueden usarse para demostrar estructura.

La gamagrafía puede detectar alteraciones de la función en ciertos órganos mucho antes de que estos cambios sean evidentes estructuralmente. Hay cambios metabólicos que ocurren en un órgano o sistema que no se pueden detectar con otros métodos o tal vez sí se pueda pero con métodos más invasivos (como biopsias).

Casi todos los estudios que les voy a mencionar los pueden hacer en un laboratorio de medicina nuclear básico; con gamagrafía planar y un médico nuclear. Eso es relativamente fácil de conseguir.

La PET y SPECT quizás parezcan lejanos y extraños, pero su uso aumentará con rapidez en los próximos años, con el perfeccionamiento de los dispositivos detectores y las técnicas de reconstrucción, el abaratamiento del hardware (del dispositivo principal, de los ciclotrones, de las computadoras paralelas), el desarrollo de técnicas para crear isótopos más baratos, la creación de portadores inmunológicos nuevos, y (algo muy importante) la inclusión de la gamagrafía dentro de los esquemas de seguros médicos.

Por supuesto que los estudios gamagráficos no son un sustituto (en la mayoría de los casos) sino un complemento de otros estudios, pero que combinada puede darnos respuestas sobre la enfermedad del paciente que hasta ahora sólo se podían especular.

Gamagrafía.

- Se inyectan isótopos emisores y al paciente.
- Se detectan los rayos colimados.
- Se digitalizan.
- Se visualizan en una terminal.

El principio de la gamagrafía es simple.

Se buscan un paciente.

Preparan el radiofármaco y su radionúclido.

Acuestan (o sientan) al paciente en la mesa del detector.

Acomodan el detector.

Le inyectan el radiofármaco.

Le dicen a la computadora que detecte.

Dan por terminada la detección (el *scanning*).

Seleccionan el área de interés en la computadora.

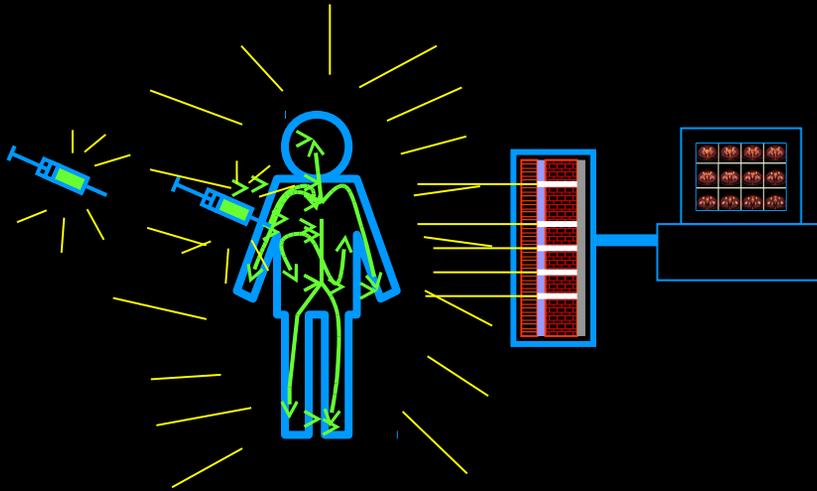
Le dicen a la computadora que les muestre las secuencias.

Hacen el análisis que tengan que hacer.

Dan su interpretación.

Se acabó.

Gamagrafía.



De nuevo, lo que les decía:

¿Qué se necesita para una gamagrafía?

Un paciente.

Un detector de rayos gamma (colimador y cámara de centelleo [tubo o cámara de Anger]).

Una computadora.

Inyectan isótopos emisores gamma unidos a un portador.

El portador se acumula o pasa por algún órgano de interés.

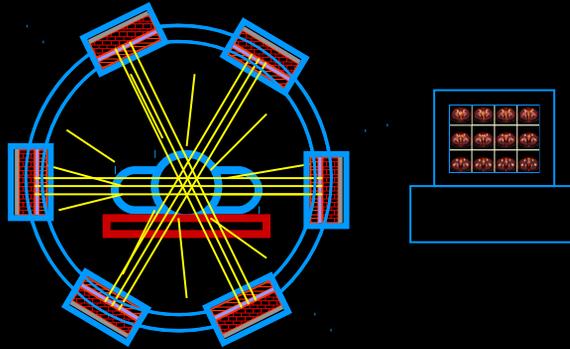
Se detectan los rayos gamma emitidos en cierta área (por medio del colimador y la cámara de Anger).

Del fotomultiplicador se detectan y se digitaliza la información.

Se visualiza en una terminal, donde se puede manipular para seleccionar el área de interés (ROI) y hacer cálculos sobre los conteos.

Esto es de gamagrafía planar.

Gamagrafía.



Para la reconstrucción por secciones o cortes se hace lo mismo pero el colimador va girando 360 grados alrededor del paciente.

Obviamente se necesita más que un detector y un paciente. Necesitan las instalaciones, un laboratorio y un cuarto para el detector. Necesitan mínimo una enfermera capacitada y posiblemente un técnico. Además requieren al médico nuclear.

Gamagrafía.



Estas dos imágenes son de detectores gamma planares.

La primera es de Medical Imaging Electronics (MIE), es el ZLC-SCINTRON® Gamma-Camera-System.

La segunda es de la misma compañía, el BODYSCAN® - SCINTRON®. es igual al primero pero este tiene dos colimadores (uno arriba y uno abajo), con lo que se minimiza la velocidad de detección a la mitad.

Aunque casi todos los equipos planares modernos pueden hacer SPECT estos dos no, porque no hay manera de rotar el colimador. Aunque hay que considerar que estos dos son de los más baratos.

Radiofármacos.

- Agentes de filtración glomerular.
 - Tc^{99m} -DTPA. *
 - I^{125} -yodotalamato.
 - Cr^{51} -EDTA.
- Agentes de secreción tubular.
 - Tc^{99m} -MAG₃. *
 - I^{123}/I^{131} -yodohipurato.
- Agentes de extracción tubular.
 - Tc^{99m} -DMSA. *
 - Hg^{197} -clormerodrino.
 - Tc^{99m} -glucoheptanato.

Estos son los radiofármacos más utilizados en urología.

DTPA = ácido dietilén tetra amino penta acético.

MAG₃ = mercapto acetyl glicil glicil glicina.

DMSA = ácido dimercapto succínico.

El DTPA se parece a la inulina en que se elimina casi exclusivamente por filtración glomerular.

El MAG₃ se elimina casi exclusivamente por excreción tubular (<2% por vía glomerular), aunque después de 30 minutos también se acumula en bilis.

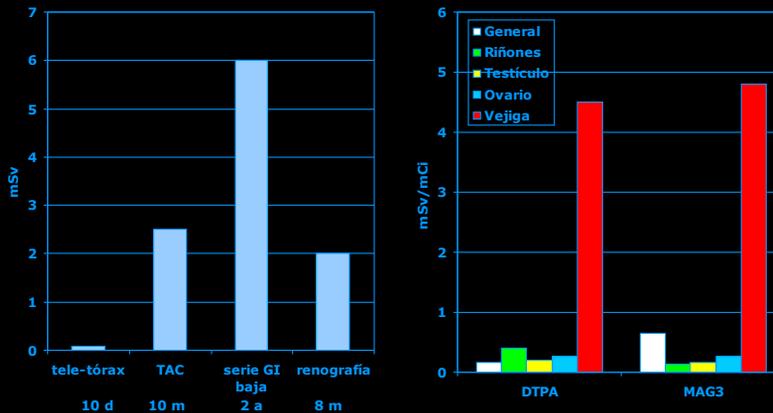
El DMSA se acumula en la corteza renal, en los túbulos proximales al pasar de 3 a 6 horas después de la administración.

Generalmente cuando se indica la dosis de uno de estos fármacos no se mide en ml o cc sino en miliCuries de radiación.

Aquí el tecnecio es tecnecio 99 metaestable. Este tecnecio es mucho más inestable que el tecnecio 99 normal y emite rayos gamma en lugar de beta. Tiene una vida media de 6 horas y se prepara a partir de molibdeno 99 que dura más tiempo. Como sea, el tecnecio 99 normal tarda en desintegrarse más de 200 mil años.

Por eso parte de la importancia de tener una enfermera y/o un técnico capacitado. Si tiran algo en la sala como un medicamento o sangre, lo limpian y ya. Pero si tiran radionúclidos al suelo, contaminan esa área y por mucho tiempo. Lo mismo si se les tira algo de radiofármaco sobre el paciente, crean artefactos en el estudio.

Radiación de exposición.



Ok. Debido a que no son métodos tan usados, hay muchas dudas entre los pacientes respecto a la gamagrafía. Bueno, también entre los médicos.

Una duda común es si no es mucha radiación a la que se expone el paciente.

Nada más para contrastar a groso modo, estas son las cantidades de radiación total de exposición de una persona en diferentes estudios. Como ven, una tele de tórax dura una fracción de segundo y la radiación es sólo en un sentido, es menos 0.1 milisieverts. En un TAC de tórax típico (no helicoidal), se acumula una exposición de más de 2.5 mSv. Y en una serie intestinal baja, el paciente se expone hasta 6 mSv en la serie completa. Comparen eso con los 2 mSv máximos en una renografía isotópica.

Abajo de cada columna puse las unidades BERT equivalentes porque eso es más fácil de entender para un paciente. BERT significa Background Equivalent Radiation Time. Normalmente estamos siendo bombardeados por radiación de varios orígenes, principalmente sustancias naturales en el ambiente y radiación de origen espacial (rayos cósmicos). En el continente americano el promedio de exposición natural es de 3 a 4 mSv por año.

Entonces, cuando le dicen al paciente, este estudio le va a exponer a 0.08 milisieverts, significa que en la naturaleza va a recibir esa misma radiación en 10 días. Puse la serie intestinal baja por ser un estudio de mucha exposición, pero casi todos los estudios radiológicos nos exponen a menos de 3 mSv.

En la segunda gráfica tenemos el desglose de la exposición de algunas partes del aparato urinario durante la renografía isotópica. Las unidades son en mSv por millicurie. Como ven la vejiga es el lugar de mayor exposición comparado con el resto del cuerpo y (muy importante) con las gónadas. Y siéntanse aliviados porque la vejiga es relativamente resistente a la radiación.

Antes de que pregunten, las otras unidades de radiación que generalmente van a escuchar son:

El Roentgen, que es una unidad de exposición aérea, sirve poco en medicina.

El Rad (Radiation Absorbed Dose) es una unidad de absorción de radiación, que equivale a absorber 100 ergios de energía por cada gramo de material. No indica sus efectos biológicos.

El Gray, es el equivalente del Rad pero en unidades internacionales, equivale a 100 rads.

El Rem (roentgen equivalente man) es una unidad de efecto biológico por absorción de radiación. Es como el Rad y el Gray pero este sí se relaciona con el efecto biológico.

El Sievert es el equivalente del Rem pero en unidades internacionales, equivale a 100 Rem.

El Curie es una medición de radiación. Indica la cantidad de material que sufrirá 37000 millones de transformaciones en un segundo.

El Becquerel es el equivalente al Curie pero más pequeño. Un Becquerel es la cantidad de material que sufrirá una transformación en un segundo. Por lo tanto un Curie es igual a 37000 millones de Becquerels.

Renograma isotópico.

El primer estudio que les voy a comentar es el renograma o renografía isotópica o gamarenografía.

Renograma isotópico.

- Objetivo:
- Evaluar el funcionamiento renal.
 - Filtración glomerular.
 - Excreción tubular.
 - Evaluar la apariencia de la corteza renal.
 - Defectos de captación.

Idem.

Renograma isotópico.

- Sensibilidad >90% para detectar lesiones corticales.
 - Superior al US y UE.
 - Similar al TAC.
- Prueba nuclear entre los primeros 5 lugares de popularidad.
- Baja resolución espacial
 - vs TAC.
- Baja resolución temporal
 - vs US.

La baja resolución espacial tiene que ver con la baja "definición de imagen", y la baja resolución temporal es la capacidad para mostrar imágenes en movimiento (lo que tiene que ver con la velocidad de captura de cada imagen). En este sentido quizás es el peor estudio para ver estructura (aunque como les dije, esa no es la finalidad de la gammagrafía).

Sin embargo, cuando se evalúa un estudio de imagen no importa la imagen sino la combinación de imagen, datos clínicos y criterio médico. En este sentido es superior al US y urografía excretora, con 90% de probabilidad de detectar una lesión en corteza renal. Este valor es similar al TAC, aunque quizás el TAC es más barato. Entonces ¿porqué está en los primeros lugares de popularidad en varias regiones del mundo? Pues porque también sirve para medir la función del riñón, y eso no lo puede hacer el TAC.

Renograma isotópico.

Indicaciones,
evaluación de:

- Infección renal o secuela.
- Lesiones no infecciosas
 - Traumatismo.
 - Complicaciones postquirúrgicas.
 - Masas renales.
- Función renal global/individual.
 - De riñón poliquístico.
 - Prequirúrgica.
- Hipertensión renovascular.
- Transplante renal.
 - Pre y post.

Básicamente las indicaciones son cuando queremos saber si hay lesión en corteza que no es (aún) visible en el TAC/US o cuando queremos *ver* la función renal. Si lo que quieren es ver vascularidad, densidad, composición, etc... mejor usen otro estudio.

En el caso de las masas, traumatismos o complicaciones postQx, los defectos de captación/emisión son indicadores de alteración de la función glomérulo/tubular.

En el caso de la evaluación de función renal, se usa para ver si aún hay actividad en los riñones. Sería muy desafortunado operar un riñón sin tener la certeza de si funciona o no.

También se usa en la sospecha de HRV y en un momento les muestro cómo se hace.

Y en el transplante renal se puede hacer evaluación preoperatoria de función renal y postoperatoria para evaluar falla renal y/o rechazo. Más adelante les muestro eso también.

Renograma isotópico.

- Modo secuencial.
- Tc^{99m} -DTPA 1 mCi. (0-7 minutos)
 - para medir filtración glomerular.
 - Tc^{99m} -MAG₃ 10 mCi (7-20 minutos)
 - para trazar la curva renográfica.
 - 60 imágenes.
 - 20 minutos.

Hay dos formas de hacer el renograma, uno es secuencial con 2 marcadores y otro es simple.

Dependiendo del país o centro médico donde estén es la preferencia.

En el modo secuencial se usa generalmente DTPA por vía venosa, se esperan 7 minutos a partir de la primera lectura gamagráfica interrenal, y entonces se inyecta MAG₃.

Entonces se empiezan a tomar secuencias cada 20 segundos por 20 minutos.

¿Para qué usar DTPA? Pues porque con ello pueden medir la filtración glomerular como si fuera inulina (aunque esto no es un estudio de imagen, es parte del estudio gamagráfico), y luego el MAG₃ para iniciar el trazo de la curva renográfica.

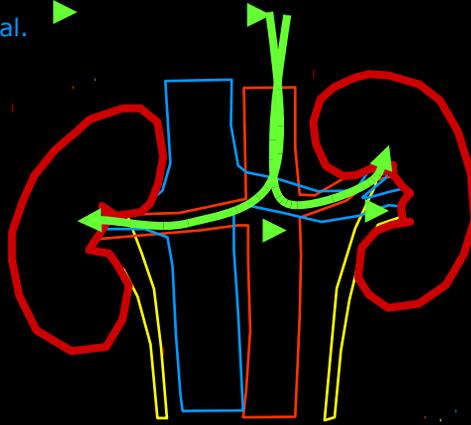
Renograma isotópico.

- Modo simple.
- Tc^{99m} -DMSA 3 mCi.
 - Imágenes de exposición larga.
 - Después de 6 horas.

En el renograma isotópico simple, se usa DMSA (generalmente) y se esperan 6 horas para que el DMSA se deposite principalmente en corteza renal. Esta serie es muy larga y propensa a fallas de registro (el paciente se mueve), además de no darnos la medición completa que da el modo secuencial.

Renograma isotópico.

Fase arterial. ▶

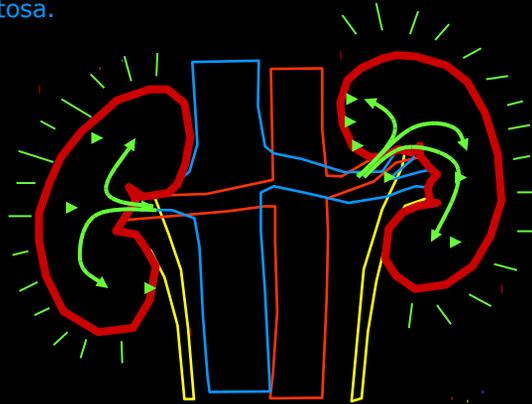


En cualquier caso, el renograma se puede dividir en 3 fases.

Una fase arterial donde el radiofármaco pasó de la circulación venosa a la arterial y prácticamente todo el paciente está emitiendo radiación.

Renograma isotópico.

Fase parenquimatosa.



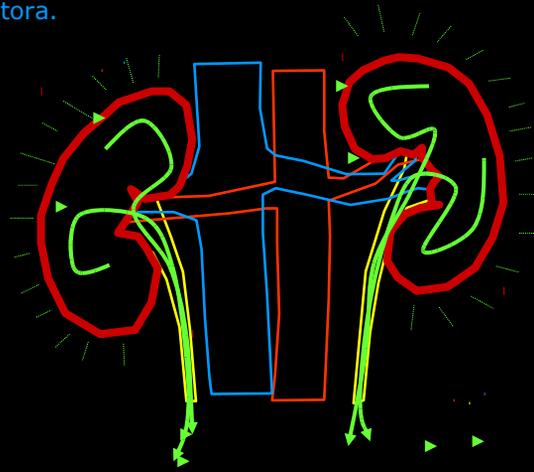
Una fase parenquimatosa donde el radiofármaco se va concentrando en la corteza renal.

Puede concentrarse en otras partes del cuerpo, pero esas no importan, la región de interés (ROI) está sobre el perfil renal, así que esos son los conteos que valen.

Además, la mayoría de estos radiofármacos no salen del torrente sanguíneo, así que no hay mucho problema de radiación de fondo intersticial.

Renograma isotópico.

Fase excretora.

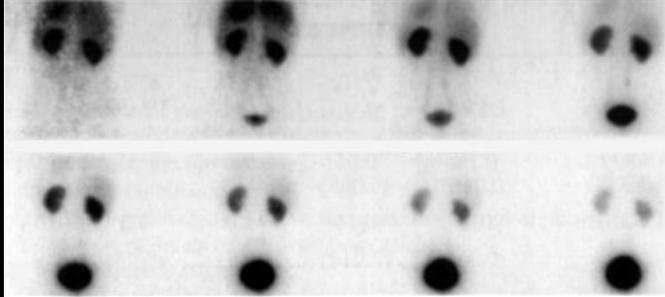


Y finalmente hay fase excretora donde se empieza a excretar el radiofármaco a vejiga.

Esta fase obviamente está empalmada con la parenquimatosa y puede variar mucho dependiendo del radiofármaco y su afinidad a las proteínas plasmáticas.

Pero el caso es que con la radiación que se mide en estas fases podemos crear unas curvas renográficas que les mostraré.

Renograma isotópico.



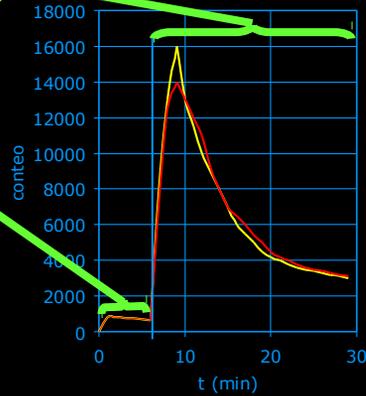
Aquí vemos una secuencia de tomas planares. Primero vemos el perfil renal y mucha radiación de fondo. Conforme el radiofármaco es filtrado/excretado disminuye la radiación de fondo y sube la radiación del parénquima renal. Como les decía, ya desde ese momento hay excreción hacia la vejiga, donde viene a quedar casi todo el compuesto al terminar la secuencia.

Como ven, la radiación de fondo no es tan grande porque estos radiofármacos no salen del torrente sanguíneo (excepto en el riñón, obviamente).

También noten que la imagen es como si vieran al paciente por atrás, a la izquierda es el riñón izquierdo y a la derecha es el derecho.

Renograma isotópico.

- DTPA.
 - fase arterial.
 - fase parenquimatosa.
 - fase excretora.
- MAG_3 .
 - fase arterial.
 - fase parenquimatosa.
 - fase excretora.



Esta es una curva renográfica secuencial ficticia, y es posible distinguir dos partes.

En la primera parte, que inicia con la aparición de señales gamagráficas interrenales, se forma la curva del DTPA. Esta curva es útil para calcular la filtración glomerular. Básicamente lo que medimos es la fase parenquimatosa y la fase excretora.

En la segunda parte, que inicia a los 7 minutos al inyectar el MAG_3 , se observa la curva renográfica propiamente dicha. En ella se podrían distinguir las tres fases también, pero recuerden que estas fases están bien traslapadas y no tiene mucho sentido tratar de diferenciarlas. (Sin embargo, más o menos corresponden a: primera parte del ascenso = arterial, el resto del ascenso = parenquimatosa, la caída de la curva = excretora).

Lo que sí tiene sentido medir (aparte de la tasa de filtración glomerular), son 3 parámetros de la curva renográfica.

Renograma isotópico.

- Función renal global.

- $t_{\text{máx}}$ actividad.
- actividad residual.
- relación renal. <1.5

<5 minutos
 $< 30\% \text{ Act}_{\text{máx}}$



Estos tres parámetros son:

Tiempo hasta actividad máxima, que es el tiempo que tarda el MAG_3 en llegar a su máxima concentración.

Lo normal es que sea menos de 3 minutos, tope máximo 5. Si tarda mucho hay un problema de perfusión renal.

Actividad residual, es el porcentaje de emisión al final del estudio que queda en cada riñón.

Lo normal es menos de 30% de actividad. Si es mayor significa que el riñón no está excretando el radiofármaco.

Relación renal, es el coeficiente calculado al dividir la mayor actividad de un riñón entre la suma de la actividad de ambos riñones $D/(D+I)$ ó $I/(D+I)$. Esta actividad se toma a los 60-90 segundos después de inyectar el MAG_3 .

Lo normal es que la relación sea cercana al 1.0, máximo 1.5. Si es mayor la asimetría funcional es patológica y hay un problema en el riñón con curva más aplanada o sin pendiente. Si es menor pues es simplemente que un riñón es más eficiente que el otro pero no se considera patológico.

Renograma isotópico para HRV.

Pulse para añadir texto

Una aplicación especial del renograma isotópico es la evaluación de la hipertensión renovascular.

Renograma isotópico para HRV.

- Objetivo:
- Detectar hipertensión dependiente del sistema renina – angiotensina - aldosterona.

Como recordarán esta es una forma de hipertensión que sí tiene una buena probabilidad de ser curada. De ahí la importancia de su evaluación.

El estudio se basa en que si hay hipoperfusión renal, lo más probable es que haya aumento de la producción de renina y esto inicia la cascada de eventos que dan HRV.

Entonces, el objetivo del renograma en estos casos es ver si al normalizar la presión cae la perfusión en algún riñón. Si así es, esto es casi seguro una HRV o una hipertensión con un componente renovascular importante.

Renograma isotópico para HRV.

- Indicaciones:
- Diagnóstico de HRV.
 - Selección para angiografía.
 - Interpretación funcional postangiográfica.
 - Seguimiento postquirúrgico.

 - Sólo para pacientes seleccionados.

¿Cuándo se indica?

Cuando se sospecha de HRV.

Cuando se sospecha y se quiere hacer una arteriografía. En lugar de arriesgar al paciente, le pueden hacer un renograma y si sale negativo ya no necesitan la arteriografía. La verdad si sale positivo tampoco requieren la arteriografía.

Cuando le hicieron la arteriografía y les quedó duda. (En este caso mejor ni le hubieran hecho la arteriografía, pobre paciente).

Cuando operaron al paciente y quieren ver si funcionó la cirugía y el grado de cambio logrado. Por ejemplo, si el paciente disminuyó 50% su HTA y Uds quieren saber si es porque la cirugía no fue del todo exitosa o si tiene HTA por otras causas agregadas. Recuerden que la HRV en adultos grandes siempre tiene traslapado cierto grado de HTA por otras causas.

Aquí es importante señalar que el renograma isotópico es un mal estudio de tamizaje (de *screening*), y debe ser usado sólo en pacientes con sospecha de HRV.

Una HTA sospechosa de HRV tiene:

Inicio súbito.

Acelerada.

Resistente.

Con inicio a <20a o a >50a.

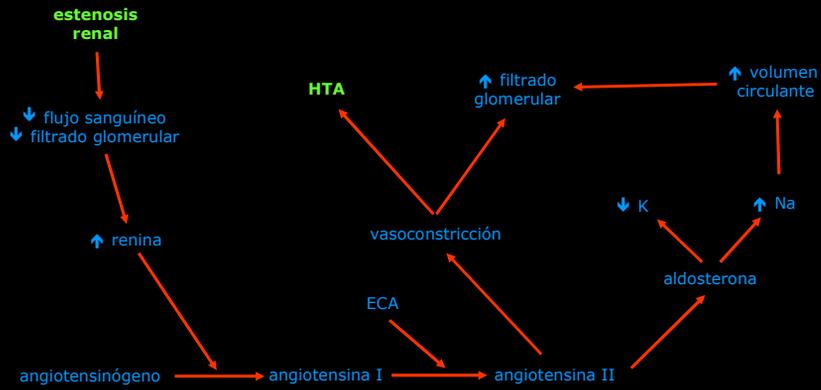
Fumadores.

Soplo epigástrico o en flanco.

Insuficiencia renal al tratamiento con i-ECA.

Un riñón pequeño.

Renograma isotópico para HRV.



Este es una representación simplificada de la fisiopatología de la HRV.

Renograma isotópico para HRV.

- Tc^{99m} -MAG₃, Tc^{99m} -DTPA o I¹³¹-OIH.
- 20 minutos.
- 2 secuencias, basal y con inhibidores de la ECA.

- Renograma normal = resultado negativo.
- Renograma anormal unilateral = resultado positivo.

Los materiales generalmente usados son los mismos que en cualquier renograma isotópico. Pero aquí vamos a tomar dos secuencias de imágenes.

Generalmente se hace primero un renograma con un inhibidor de la ECA y otro sin el inhibidor (en algunas partes se hace en el orden inverso y en días distintos).

Renograma isotópico para HRV.

- Prueba basal.

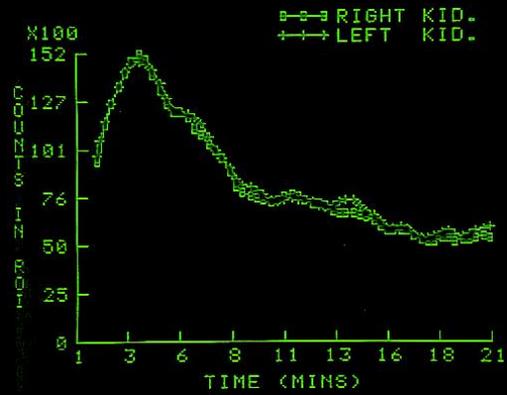


Este es un ejemplo de una prueba basal.

Este es sólo una pedazo de toda la secuencia, pero es suficiente para ver que los riñones están más o menos parejos en su perfusión. Obviamente no se basan solamente en la apariencia, tienen que ver que las curvas renográficas sean normales y que la relación renal que sea <1.5 .

Renograma isotópico para HRV.

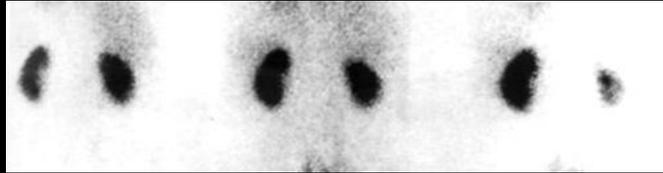
- Prueba basal.



Esta es la curva renográfica. Como ven, mientras el paciente está hipertenso, la perfusión/excreción renal es normal. A primera vista es un renograma normal.

Renograma isotópico para HRV.

- Prueba de inhibición.



Luego hacen una secuencia de inhibición. Le empiezan a hacer el renograma y le inyectan al paciente un i-ECA para normalizar la presión.

Lo que se ve aquí es que el riñón izquierdo primero tarda más en llenarse del radiofármaco (con lo que sospechan que tiene dificultades para perfundirse) y luego tiene problemas para excretar el radiofármaco (con lo que sospechan que tiene problemas para eliminar).

De nuevo, las curvas son muy importantes.

Renograma isotópico para HRV.

- Prueba de inhibición.



Aquí vemos claramente lo que se notaba en la imagen.

Los conteos de la región de interés (ROI) sobre el riñón derecho se ven normales. Pero la del izquierdo no. Para empezar se ve cómo la curva asciende un poco más lento y luego se ve cómo se mantiene alta, es decir, no excreta el radiofármaco con la misma rapidez que el derecho.

Lo más importante para dar la prueba como positiva es la asimetría funcional de los riñones.

Renograma isotópico para HRV.

- Falsos resultados por:
- Deshidratación.
 - Estenosis bilateral.
 - Prueba basal anormal.
 - Atrofia renal.

¿Qué da resultados falsos?

La deshidratación porque el paciente no puede excretar el radiofármaco adecuadamente y las curvas salen equívocas.

La estenosis bilateral, porque como les explicaba, la prueba se basa en la asimetría funcional de los riñones. Si no veo asimetría no puedo estar seguro si la HTA es de origen renal o no.

Una prueba basal anormal también. Porque entonces no puedo saber si el sistema renina-angiotensina-aldosterona es responsable directo o no.

La atrofia renal por la misma razón anterior, me va a dar una prueba basal anormal.

Lo mismo pasa si el paciente sólo tiene un riñón, porque no tengo manera de comparar.

Aún así, una renograma que no sea concluyente puede darme pistas importantes respecto al funcionamiento renal, y con otros datos clínicos puedo aumentar la certeza de que es o no es una HRV y (muy probablemente) le puedo ahorrar al paciente la arteriografía.

Renograma isotópico para HRV.

En pacientes seleccionados con sospecha de HRV:

- Sensibilidad > 70%.
- Especificidad > 90%.

- Predictor de éxito quirúrgico
 - >95% (+).
 - >70% (-).

- Sólo para pacientes seleccionados, no población general.

¿Qué tan bueno es el renograma isotópico para HRV?

En grupos de pacientes seleccionados con sospecha de HRV, la sensibilidad es mayor al 70% y la especificidad es mayor al 90%. Esto es bastante bueno.

Otra cosa importante es,

si la prueba es positiva y opero al paciente ¿qué tan probable es que se cure? >95%

si la prueba es negativa y opero al paciente ¿qué tan probable es que se no cure? >70%

Entonces también es una buena prueba predictiva de éxito quirúrgico.

De nuevo, hago hincapié en que la prueba no es una prueba de tamizaje.

Renograma diurético.

Otra prueba gammagráfica es el renograma diurético.

Se los voy a comentar porque aún se utiliza pero aclaro que es inferior a otros métodos de estudio.

Renograma diurético.

- Objetivo:
- Detectar obstrucciones en la vía ureteral.
 - En desuso.
 - Inferior a otros métodos.
 - Artefactual.

El objetivo principal del renograma diurético es demostrar obstrucciones ureterales. Generalmente se usa para evaluar una dilatación ureteral importante y ver si es congénita (por ejemplo) o es por obstrucción.

Les digo que esta prueba es inferior porque es sumamente artefactual, es fácil obtener secuencias anormales sin que hay patología.

Renograma diurético.

- Indicaciones:
- Obstrucción ureteral.
 - Hidronefrosis al nacimiento.
 - Evaluación postquirúrgica de obstrucción.
 - Distensión de la pelvis renal sintomática.

¿Cuándo lo podrían solicitar?

Cuando sospechen obstrucción o quieran ver si aún hay obstrucción (postTx).

Renograma diurético.

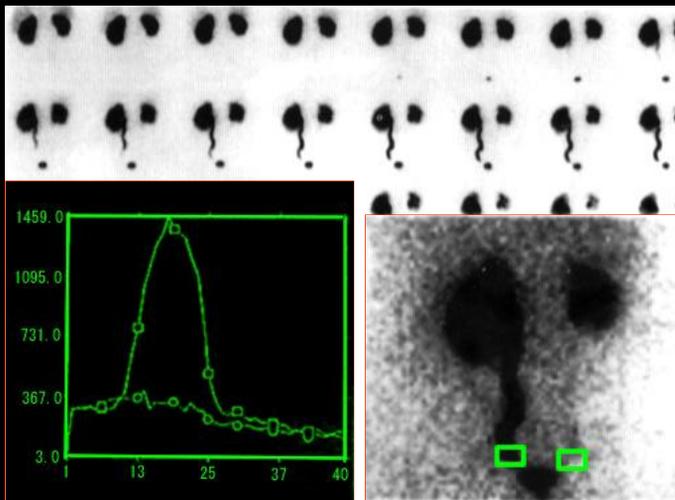
- Tc^{99m} -MAG₃, I^{131} -OIH o Tc^{99m} -DTPA.
- Furosemida antes o después del RN.
- RDI fijada proximal a la obstrucción.
- 20 minutos.

En este estudio pueden usar cualquier radiofármaco, el objetivo es que pueda pasar a los uréteres y a la vejiga, aunque es preferible usar radiofármacos rápidos como el DTPA o MAG₃.

Como parte del protocolo se induce la diuresis con furosemida, aunque hay ciertas diferencias en la usanza. En muchos centros de Europa se acostumbra dar el diurético antes, mientras que en América se acostumbra darlo después.

Como sea, la región de interés (ROI) se marca proximal al área donde se sospecha la obstrucción.

Renograma diurético.



Aquí tenemos un renograma diurético en un paciente con megaureter izquierdo.

Observen que el uréter izquierdo se llena rápidamente mientras el derecho es casi imperceptible, esto indica que hay gran acumulación de radiofármaco ahí. (El radiofármaco del derecho sí está pasando, pero llega a vejiga fácilmente).

En esta otra imagen vemos cómo se selecciona la región de interés (ROI) proximal a donde se sospecha obstrucción y se crear otra ROI comparativa en el uréter contralateral.

Esta otra imagen es la curva de conteos en las ROIs. La que sube es la del uréter crecido. En este paciente el diurético fue administrado después de iniciar el conteo. Como ven, a pesar de que el uréter crecido es un contenedor de radiofármaco, al dar el diurético se barre fácilmente, lo que indica que no hay obstrucción.

Si hubiera obstrucción la curva se mantendría alta a pesar del diurético.

(NOTA: en obstrucciones parciales se puede presentar una curva como esta).

Entonces, ¿cuándo pedir este estudio? Quizás nunca, mejor prueben primero con otros. Aunque no se olviden que existe.

Radiocistografía.

Pulse para añadir texto

Otro estudio gamagráfico es la radiocistografía, que básicamente es como la cistografía normal pero usando radionúclidos.

Radiocistografía.

- Objetivo:
- Evaluar el reflujo vésico-ureteral.
 - 100 veces menos radiación que la cistografía normal.
 - No hay detalles anatómicos.

El objetivo es evaluar reflujo.

Como ventaja hay que señalar que la radiación a la que se expone el paciente es muy baja.

Como desventaja es que no hay detalles anatómicos. Por eso mismo no se puede usar para otras cosas, como demostrar alteraciones de la pared vesical. (Recuerden, función sí, anatomía no).

Radiocistografía.

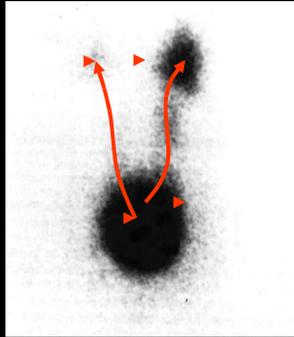
- Directo.
 - Tc^{99m} -DTPA o Tc^{99m} -azufre coloidal por sonda uretrovesical.
 - Preferido.
- Indirecto.
 - Reutiliza lo acumulado después de un renograma.

Las dos formas usuales de radiocistografía son:

Directa, donde se introduce el radionúclido por una sonda.

Indirecto, donde se hace después de un renograma. Le dicen al paciente que no orine y se esperan a terminar el renograma. Esta es la forma menos usada.

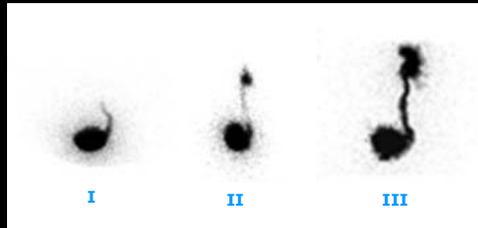
Radiocistografía.



Este es una radiocistograma de una niña de 2 años, donde se demuestra el reflujo fácilmente.

Pueden ver que en el lado izquierdo es muy tenue el conteo. Sin embargo esto sí es suficiente para decir que es bilateral, porque no debería haber nada de radiofármaco fuera de la vejiga.

Radiocistografía.



Aquí tenemos tres grados tal como se ven en el radiocistograma.

Antes de que digan, “esto sale igual con una cistografía común y corriente”... el radiocistograma se hace con mínima radiación y el monitoreo puede ser constante. En cambio, si se la pasan tomando secuencias en un cistograma normal, van a radiar de más al paciente.

Evaluación post-transplante.

Pulse para añadir texto

Otro estudio gamagráfico es la evaluación post-transplante.

La verdad es que esto es más bien una aplicación especial del renograma isotópico, más que ser otro estudio distinto.

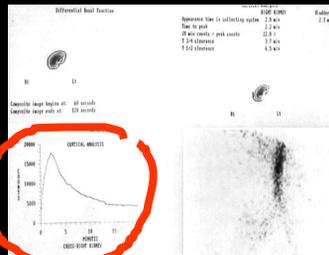
Evaluación post-transplante.

- Objetivo:
 - Evaluar la función renal del órgano transplantado.
- Evaluar:
 - Fístulas.
 - Rechazo agudo.
 - Necrosis tubular aguda.

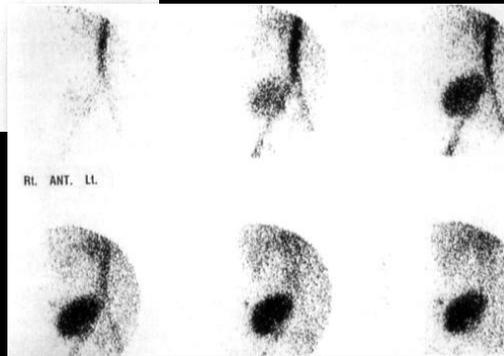
El objetivo es evaluar la función renal después del transplante.

Fácilmente pueden probar fístulas (por defecto de la técnica quirúrgica), rechazo agudo y necrosis tubular aguda.

Evaluación post-transplante.



- Renograma post-transplante.

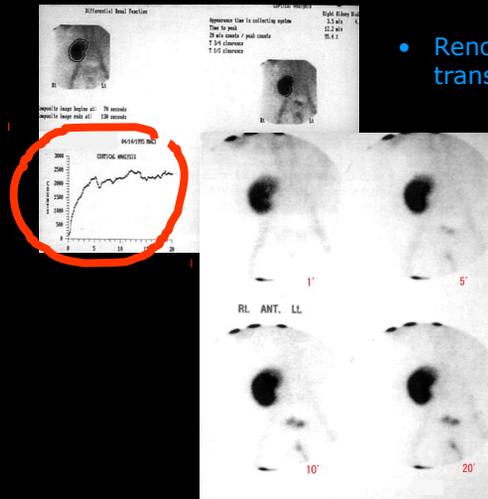


Este es un renograma de un paciente transplantado. Vemos el riñón en la fosa iliaca izquierda y podemos ver la aorta y las arterias ilíacas.

Como vemos, el riñón se perfunde bien. Estas imágenes son iniciales en la secuencia, por eso no vemos la disminución de la captación/emisión, no crean que está sin excretar.

En esta otra imagen vemos la curva renográfica, con el perfil casi normal. Ahí sí vemos que excretó bien. Este riñón recién transplantado está sano.

Evaluación post-transplante.



- Renograma post-transplante.

Este es otro paciente. Aquí vemos el riñón, lo vemos perfundido, pero no cambia la captación/emisión. Estas son imágenes más tardías que la que les mostré anteriormente, en este caso el riñón ya debería estar excretando pero no lo hace. (Vean los minutos marcados, en esta han pasado 25 minutos y no excreta nada).

Al revisar la curva renográfica generada, vemos que el riñón no está excretando (la curva se queda alta), además que el tiempo máximo de actividad (tmax) está ligeramente alargado (o sea, la curva tarda un poco en elevarse).

Esta imagen y su curva son compatibles con una necrosis tubular aguda.

Si el riñón no se visualizara, es decir, tuviera problemas para perfundirse, lo más probable es que sea un rechazo agudo/hiperagudo.

Evaluación testicular.

Pulse para añadir texto

Otro uso del gamagrama es la evaluación vascular del testículo.

Evaluación testicular.

- Objetivo:
- Infarto o torsión testicular.
 - Superado por el eco Doppler y la TAC.

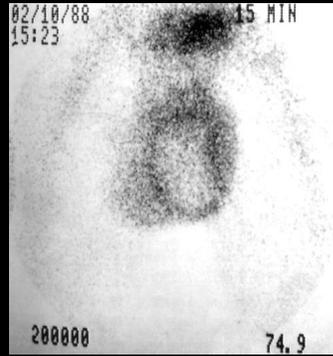
Este estudio (que es básicamente vascular) ha sido superado por mucho por el eco Doppler y la TAC.

La principal indicación es la sospecha de torsión testicular o infarto testicular. Se puede usar para ver áreas de hiperemia (como en las infecciones) pero no es tan bueno para eso

De todos modos se los voy a explicar porque aún puede ser usado para esto, y porque con el desarrollo de nuevos portadores inmunes para radionúclidos (inmunogamagrafía) probablemente veremos renacer esta técnica (para otras aplicaciones).

Evaluación testicular.

- Tc^{99m} -pertechnetato.
- 20 imágenes.
- 15 minutos.



La gamagrafía testicular es rápida. Le inyectan el radiofármaco al paciente, y toman unas 20 imágenes en un lapso de 15 minutos.

Aquí vemos una imagen anormal de los testículos. Vemos un halo hipercaptante con una región radiopénica (hipocaptante). Esta imagen coincide con un infarto testicular. (Nula actividad central, hiperemia periférica).

Si fuera un absceso, sería una región hipercaptante completa. Si fuera torsión, todo el testículo estaría radiopénico.

Probablemente a este paciente no le hacía falta el gamagrama, y con un eco doppler sería suficiente. En caso de duda el gamagrama sería segunda opción.

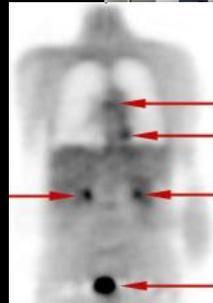
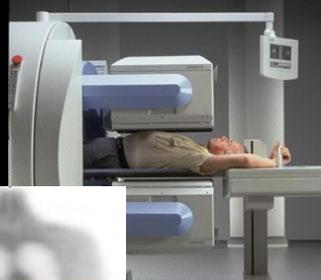
PET y SPECT.

Pulse para añadir texto

Ok. Ahora les voy a hablar de dos estudios gamagráficos que no son planares. La PET y la SPECT.

Tomografía de emisión de positrones: PET.

- *Positron Emission Tomography.*
- Se inyectan emisores de positrones al paciente.
- Positrón+electrón=2 fotones.
- Se detectan los dos fotones.
- Se calcula su posición.
- Se calcula la reconstrucción 3D.



La PET es tomografía de emisión de positrones. Bonito nombre.

¿De qué se trata? Le inyectan al paciente un radionúclido que emita positrones.

Cuando un positrón choca con un electrón, se aniquilan y forman dos fotones de radiación gamma. Lo peculiar de estos dos fotones es que salen en direcciones diametralmente opuestas.

Entonces hay dos detectores gamma que gira alrededor del paciente y detecta estos rayos gamma divergentes.

Aquí a fuerza son dos detectores porque así pueden estimar si un rayo gamma detectado es o no es causado por la aniquilación del positrón/electrón (si este rayo gamma llegó de la misma dirección que otro, es muy probable que sean del mismo positrón/electrón).

Luego la computadora calcula la reconstrucción de cada sección o corte.

Opcionalmente la computadora calcula una reconstrucción 3D a partir de todas las secciones o cortes.

Esta imagen de arriba es de un paciente (o modelo) en un tomógrafo PET.

La imagen de abajo es una reconstrucción plana a partir de las secciones o cortes. Es como una TAC pero detecta regiones con acumulación de radionúclido emisor de positrones.

Tomografía computarizada de emisión de fotón único: SPECT.

- *Single-Photon Emission Computed Tomography.*
- Se inyectan isótopos que se desintegran en radiación γ .
- Se detectan los rayos colimados.
- Se calcula su posición.
- Se calcula la reconstrucción 3D.



La SPECT es tomografía de emisión de fotón único. Otro bonito nombre.

Al paciente le inyectan una sustancia emisora gamma.

Usan un colimador y detector como el de la gamagrafía normal, pero lo van girando como una TAC.

La computadora hace los conteos y calcula la posición de la emisión reconstruyendo secciones o cortes.

De nuevo, aquí también la reconstrucción 3D es opcional.

En esta imagen vemos un tomógrafo SPECT, que es otro nombre bonito para un detector de gamagrafía que da vueltas. ¿Recuerdan que les mostré al principio unos que solamente podían hacer gamagrafía plana? Les comentaba que era debido a que eran de los más baratos. Pero si Uds tienen dinero, pueden comprar uno que gire y listo, ya tienen SPECT.

Esta imagen es tal como se muestra un corte de la región renal, y esta otra es la reconstrucción 3D a partir de varias secciones como la anterior.

De nuevo, todo esto es igual a la TAC o la RMN (con sus pequeñas diferencias en los algoritmos de reconstrucción de los cortes).

PET y SPECT.

- Ambas:
- Reconstrucción semejante a la TAC y RMN.
 - Menor resolución espacial que la TAC o RMN.
 - Ricas imágenes funcionales.
 - Pobres imágenes morfológicas.

¿Qué tienen en común la PET y SPECT?

Pues primero que son reconstrucciones de secciones axiales, como la TAC y la RMN.

Ambas tienen menor resolución espacial que la TAC o RMN. Más o menos de 5mm.

Ambas pueden dar información funcional.

Y, obvio, dan pobre información anatómica.

PET y SPECT.

PET:

- Isótopos ligeros (C, O, N, F).
- Requiere una fuente de isótopos cercana (ciclotrón).
- Buena resolución temporal.
- Costoso.

SPECT:

- Isótopos comunes de gammagrafía planar.
- Mala resolución temporal.
- Menor resolución espacial que la PET.
- Más barato que la PET.

- Casi todos los nuevos equipos de gammagrafía pueden hacer SPECT.

Ahora, ¿en qué se diferencian?

Para empezar la PET requiere isótopos de elementos ligeros. Estos no duran mucho, casi todos los usados duran minutos.

Para prepararlos requieren de un ciclotrón cercano, generalmente intrahospitalario.

Tiene mejor resolución temporal que el SPECT y supermejor que la TAC o RMN. (Esto quizás cambie con el desarrollo de la TAC helicoidal y la RMNf, pero no me sorprendería que técnicas semejantes se aplicasen después a la PET también).

Y es sumamente costoso. No sólo el aparato, sino la infraestructura necesaria.

El SPECT es diferente en que usa los mismo isótopos que la gammagrafía planar. Ya saben, tecnecio^{99m} y semejantes. Estos son relativamente fáciles de obtener y hay suficientes fuentes y distribuidores en el mundo. (Recuerden que casi todo el tecnecio 99 se obtiene de desechos de algún reactor nuclear).

La resolución temporal es peor que en la PET, aunque no tan mala como la TAC y RMN.

También tiene menor resolución espacial que la PET, pero no tanto.

Es mucho más barato que la PET, tanto el aparato como en infraestructura, que es la misma que cualquier laboratorio de medicina nuclear tiene.

De hecho casi todos los aparatos de gammagrafía nuevos incluyen opciones para SPECT.

De una vez les digo, por ahora, la PET no es tan usada en urología como la SPECT. La PET usa mucho en neurología/psiquiatría y en cardiología. Quizás luego hay más aplicaciones para la PET en urología, pero por ahora no.

PET/SPECT multimodal.

Reconstrucciones de fusión.



- TAC, RMN, SPECT, PET, combinadas para una reconstrucción 3D morfológica y funcional.

Más populares:

- TAC+SPECT.
- TAC+PET.

- Existen equipos que incluyen TAC+PET/SPECT juntos.

Una forma de reconstrucción que se suele usar con la PET/SPECT es la llamada reconstrucción multimodal o de fusión.

Básicamente consiste en mezclar imágenes morfológicas (TAC, RMN) con imágenes funcionales (PET, SPECT). ¿La finalidad? Tener una vista más completa del paciente.

Las combinaciones más comunes son de TAC+SPECT y TAC+PET.

Este aparato que les muestro es un tomógrafo PET de la serie Millenium+Hawkeye de General Electric que puede hacer PET+TAC.

No me malentiendan, esto de fusionar imágenes se hace desde hace muchos años. Cualquiera puede hacer esto con el software apropiado. Pero hacerlo a mano, con imágenes tomadas en distinto momento (una de TAC y otra de SPECT, por ejemplo) no da resultados muy precisos. En cambio, si el aparato toma la secuencia de TAC al mismo tiempo que la de PET o SPECT, las imágenes van a estar en registro automáticamente, y Uds sólo tienen que hacer algunos ajustes menores sobre qué quieren ver, en lugar de andar sufriendo tratando de hacer coincidir dos grupos de imágenes.

Ya teniendo las imágenes en registro (coincidentes), lo demás es pan comido. En un momento les mostraré una aplicación específica de las imágenes de fusión.

Inmunogamagrafía.

Pulse para añadir texto

Una forma de gamagrafía que probablemente va a tener un gran desarrollo en los próximos años es la inmunogamagrafía.

Inmunogamagrafía.

- El radionúclido se une con un anticuerpo.
- El radionúclido se une a órganos, tejidos o células específicas.
- Se detecta por cualquiera de las modalidades de gamagrafía.

La historia ya se la saben. Le pegan un radionúclido a una inmunoglobulina, se la inyectan al paciente, la inmunoglobulina se une con mucha especificidad a un tejido y lo demás es historia conocida.

Inmunogamagrafía para carcinoma de próstata.

- In¹¹¹-capromab pendétido (*ProstaScint*).
- Anticuerpo dirigido contra el receptor del APE.
- Se detectan por gamagrafía planar o SPECT.
- Preferida SPECT+TAC.
- Preferida substracción vascular con SPECT de Tc^{99m}-RBC.

Hay una aplicación recientemente probada, de la que seguramente escucharán. Es la detección de tejido prostático por inmunogamagrafía.

Usan un radiofármaco llamado ProstaScint, que es un anticuerpo marcado con Indio-111, que va dirigido contra un dominio intracelular del receptor de la proteína prostática específica. (Ojo, no es contra el APE, es contra el receptor).

Entonces, le inyecta al paciente esto, las células prostáticas lo internalizan y la célula se marca.

Aunque podrían usar gamagrafía planar para detectar la señal, mejor se usa SPECT y, si quieren hacerlo mejor, se puede usar la toma de imágenes de fusión SPECT+TAC.

Como nota, el ProstaScint también se pega a las paredes vasculares. Para arreglar esto, se usa una preparación de eritrocitos marcados con tecnecio (estos los pueden comprar [UltraTag] o preparar con el paciente en menos de 5 minutos). Entonces inyectan el ProstaScint, se pega al tejido prostático y a algunos vasos. Toman una serie SPECT. Luego le ponen los eritrocitos marcado y este marca todas las regiones vasculares. Toman otra serie SPECT. Luego calculan con la computadora la substracción de las dos regiones, es decir, que les muestre dónde hay ProstaScint que no haya eritrocitos, y lo que queda son puras áreas de tejido prostático.

Inmunogamagrafía para carcinoma de próstata.

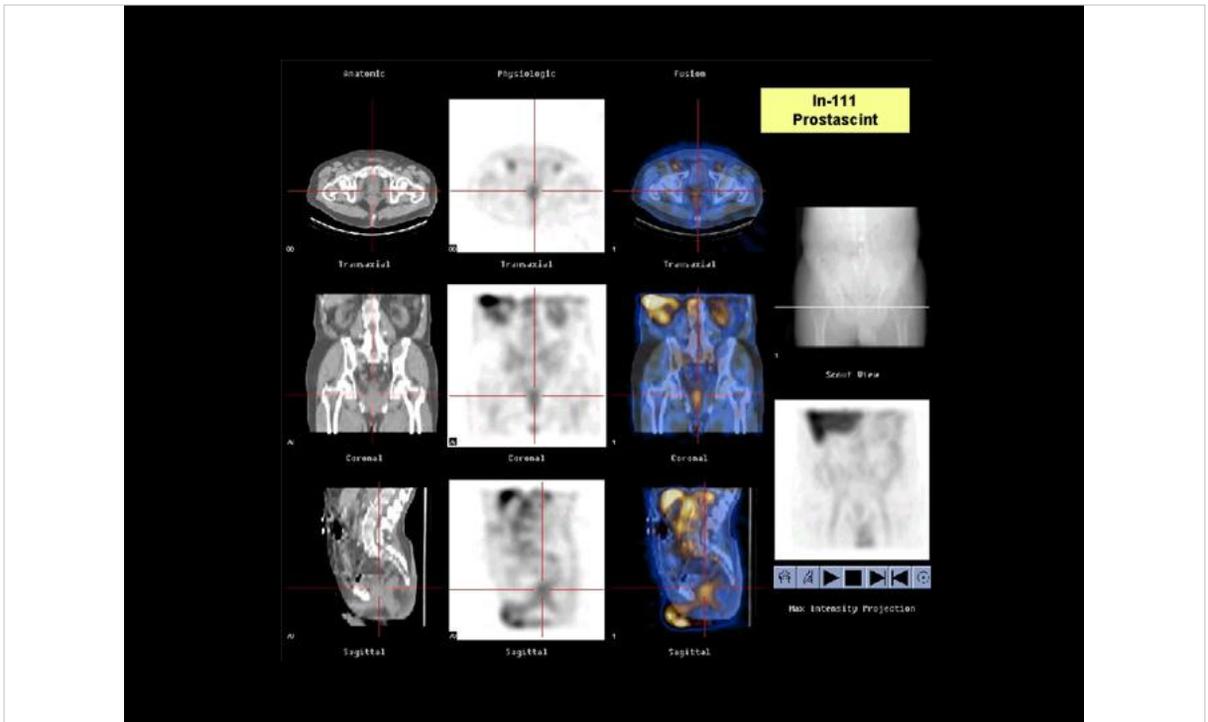
- Indicaciones:
- Probar invasión a ganglios linfáticos para estadificación.
 - Probar recurrencia local.
 - Probar metástasis distantes.
 - Planeación prequirúrgica.

¿Para qué sirve?

Pues una es para estadificación. Si quieren saber si hay invasión linfática, no tienen que adivinar, pueden hacer un SPECT con ProstaScint.

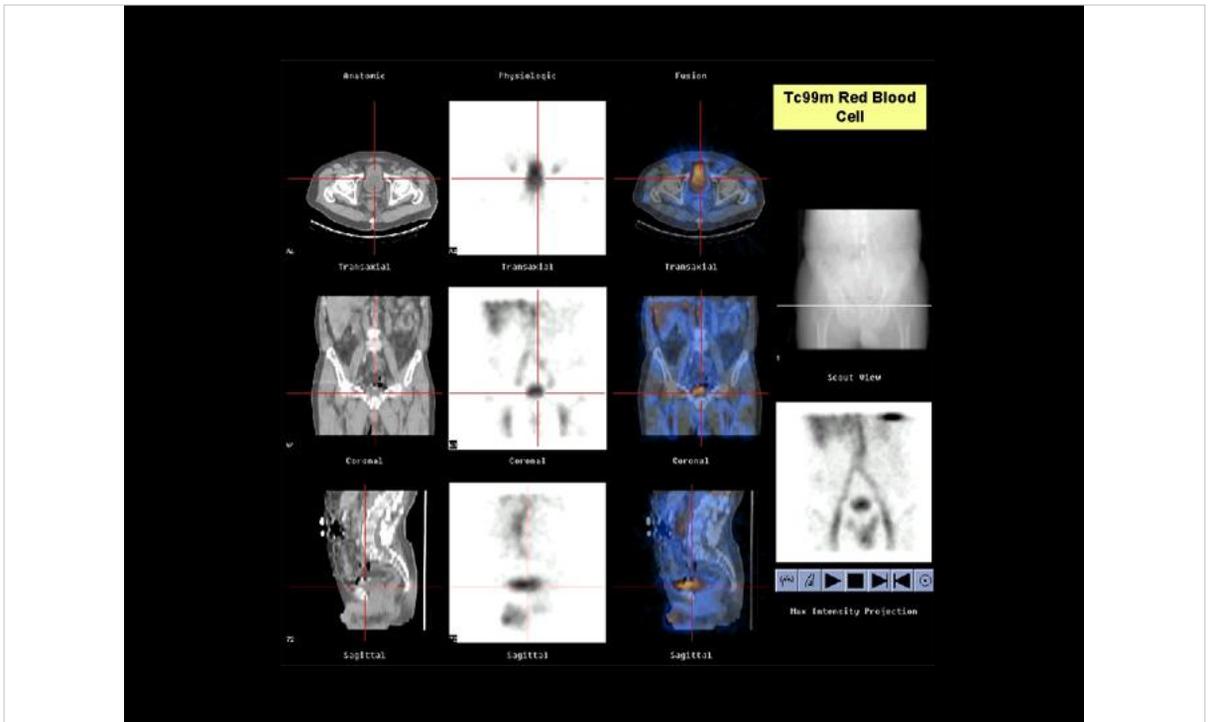
Si ya trataron al paciente y mejoró, pero luego tienen síntomas o simplemente un aumento del APE, pueden buscar recurrencia local o metastásica con un SPECT.

Y para la planeación quirúrgica, así pueden tener una mejor certeza de qué extirpar. Recuerden que aunque la invasión suele ser linfática, hay evidencia de que la invasión directa o sanguínea es muy importantes en algunos pacientes. Entonces, no basta ver una BTO limpia (que además es sólo un muestreo dirigido) sino que pueden ver en el SPECT+TAC para ver dónde hay tejido invasor y ser más agresivo en esas áreas.

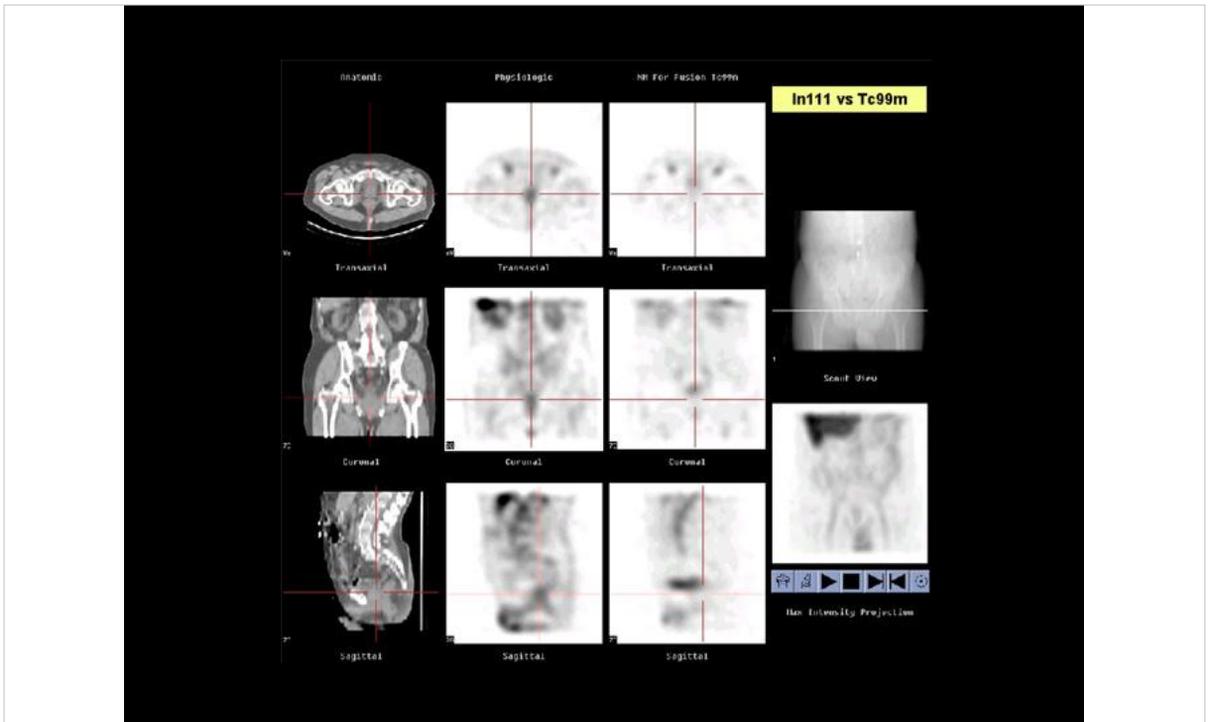


Esta es la reconstrucción planar a partir de los cortes de TAC (columna 1), de SPECT del ProstaScint (columna 2) y la fusión de ambas (columna 3).

Aquí vemos cómo el ProstaScint se acumula en la región prostática pero también en intestino. Noten la mejor visualización al tener las imágenes fusionadas.



Esta es la SPECT+TAC de la secuencia con eritrocitos marcados. Igual... TAC, SPECT, fusión.

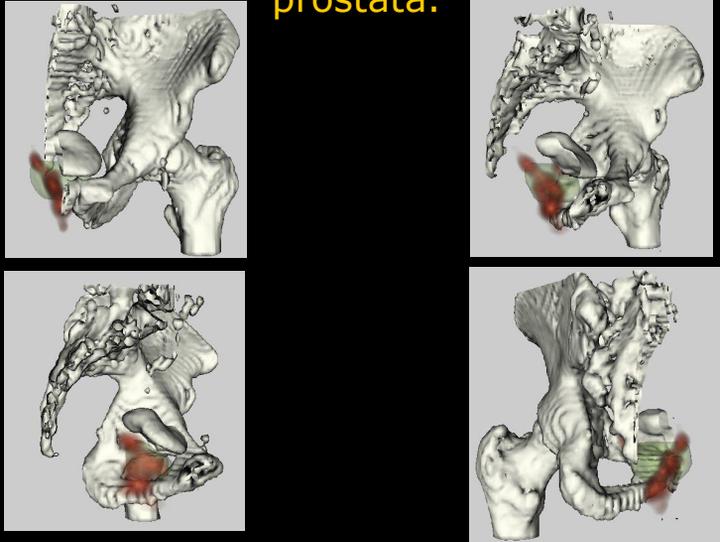


Aquí tenemos la columna de TAC, la de ProstaScint y la de los eritrocitos. En la consola del SPECT le pueden decir que calcule la segmentación y substracción de la SPECT de eritrocitos de la del ProstaScint para tener la localización exacta de ProstaScint fuera de los vasos sanguíneos.

Pero eso no es todo. Luego le dicen que quieren la reconstrucción 3D segmentando el esqueleto en el TAC (u otros tejidos) y los de la substracción de los SPECT.

Las siguiente imágenes no son exactamente de esta serie, pero son de una serie semejante con el mismo proceso.

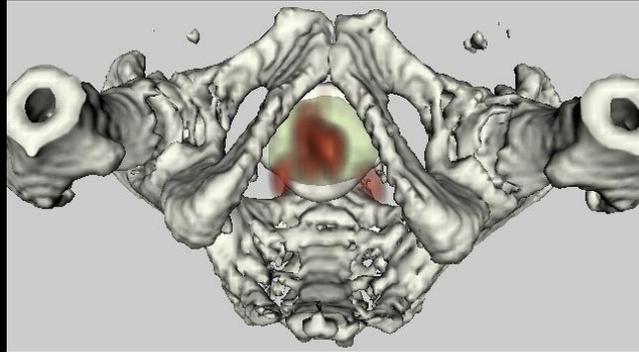
Inmunogamagrafía para carcinoma de próstata.



Esta es una reconstrucción 3D a partir de las secciones o cortes del TAC y de los SPECT.

Vemos diferentes vistas, en verde la próstata y en rojo las regiones de ProstaScint no vascular. Las regiones de ProstaScint son datos de invasión.

Inmunogamagrafía para carcinoma de próstata.



Esta es una vista inferior. Como ven se ve invasión debajo de la próstata y en la región de las vesículas seminales. Esta clase de imágenes se usan para estadificar y finalmente planear la cirugía si se determina que es necesaria.

Esta imagen fue Imagen del Año de la Society of Nuclear Medicine, presentada en la reunión anual del 2000. (Zhenghong Lee y Bruce Sodee del University Hospitals of Cleveland).

¿Preguntas?

Gracias.