

IMÁGENES EN NEFROLOGÍA

DR. HERNAN TRIMARCHI



H+B
HOSPITAL BRITANICO
DE BUENOS AIRES

GENERALIDADES

ESTUDIOS RADIOISOTÓPICOS

DMSA: CENTELLOGRAMA

DTPA: RADIORRENOGRAMA

MAG-3: RADIORRENOGRAMA

CENTELLOGRAMA CORTICAL RENAL

El Ácido DiMercaptoSuccínico marcado con Tecnecio-99m (Tc99m-DMSA) es el radiotrazador de elección para evaluar la corteza renal.

La adquisición de imágenes lleva aproximadamente 30 min.

Luego de la administración iv, el 40 al 65% de la dosis administrada se une a grupos sulfidrilos en los túbulos proximales renales, siendo el remanente eliminado en orina.

Dos a 3 horas después de la administración del radiotrazador, se obtienen imágenes oblicuas posteriores y posteriores.

Un scan normal con DMSA demuestra una actividad del radiotrazador relativamente uniforme en la corteza renal.

El DMSA no se visualiza normalmente en la médula y el sistema colector, por lo que la radioactividad detectada en estas regiones puede ser un signo indirecto de obstrucción.

Los diuréticos pueden ser necesarios para limpiar esta radioactividad en estos pacientes.

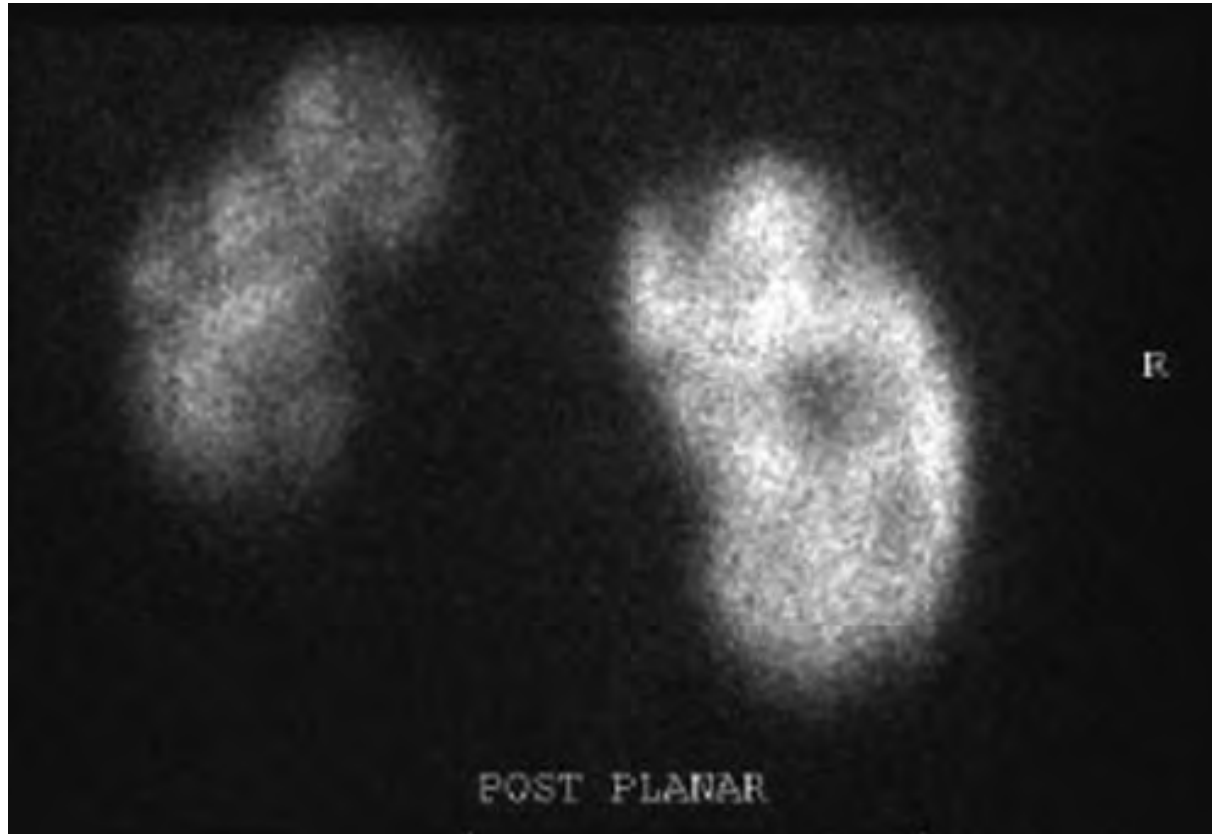
La función cortical normal por riñón es $50 \pm 5\%$.

El centellograma renal cortical se usa mucho más en pediatría.

Estudios prospectivos han demostrado que de 30 a 40% de los niños tienen scans con DMSA anormales luego de una infección del tracto urinario, independientemente de reflujo vésico-ureteral (VUR).

El riesgo de cicatrización renal luego de una pielonefritis, a diferencia de lo ocurrido con el VUR, no disminuye con la edad.

La cicatrización renal en los chicos se asocia con el desarrollo de IRC.



Pielonefritis bilateral

Vista posterior de un scan con Tc^{99m}-DMSA mostrando áreas de captación disminuida del radiotrazador en ambos riñones, más en el izquierdo.

En el momento agudo, esto es consistente con pielonefritis bilateral.

En el momento crónico, estos hallazgos representan cicatrización bilateral.

La pielonefritis aguda puede presentar áreas únicas o múltiples de captación disminuida o ausente, sin imágenes distintivas ni deformaciones del contorno renal.

Los scans con DMSA pueden ser útiles para evaluar tejido renal ectópico (*riñón pélvico y en herradura*)

Embarazadas con scans anormales previos con DMSA mostrando cicatrices renales tienen mayor incidencia de ITU, hipertensión inducida por el embarazo, y deterioro de la función renal.

CENTELLOGRAMA DINÁMICO RENAL RADIORRENOGRAMA

Los radiofármacos usados en los scans dinámicos renales pueden dividirse en dos categorías principales:

- 1. Agentes de filtración glomerular y**
- 2. Agentes de secreción tubular.**

***Technetium 99m-DTPA* es el agente preferido a nivel glomerular, y el *Tc99m-mercapto acetyl tri glycine-3 (MAG-3)* es el agente de evaluación tubular más usado en la clínica.**

El paciente se posiciona con la cámara situada posteriormente cubriendo ambos riñones y la vejiga. Se obtienen imágenes por 30 min después de la administración del trazador. Las imágenes tempranas sirven para evaluar la perfusión renal, y luego siguen imágenes que evalúan la excreción del trazador y su depuración del parénquima renal.

La retención del trazador en el parénquima y sistema colector puede ser lavado por los diuréticos, los cuales son administrados luego de la evaluación de la retención del trazador alrededor de 20 min después de la inyección.

A veces es necesario evaluar el estado funcional del sistema colector (MAG-3).

Con un scan dinámico — particularmente con diuréticos — es posible evaluar la extensión de la obstrucción funcional.

Obstrucciones completas o incompletas son detectadas sobre la base del grado de retención del trazador en el sistema colector y el grado de lavado post-diurético.

En muchos casos, la inclusión de imágenes de pie pre- y post-micción que abarquen los riñones y la vejiga para delinear mejor el sitio y la extensión de la obstrucción son muy útiles, sobre todo cuando la obstrucción es incompleta.

ECOGRAFÍA

Las arterias renales se originan de la aorta abdominal a nivel L1/L2.

La arteria renal principal se divide en anterior y posterior en el hilio,

y luego lo hace en 4 o 5 arterias segmentarias,

que a su vez dan origen a las arterias

interlobares,

arcuatas, e

interlobulillares.

Se ven arterias accesorias en el 20 a 25% de los pacientes.

Indicaciones para estudiar pacientes con RAS sospechada:

Diagnóstico inicial de hipertensión hasta los 30 o después de los 55 años;

Inicio abrupto de hipertensión;

Hipertensión acelerada o maligna;

Hipertensión resistente (no responde a 3 o + drogas);

IRC no explicable;

IRA x ACEIs/ARBs;

Riñón pequeño unilateral;

Hipokalemia inexplicable;

Soplos abdominales o en flancos;

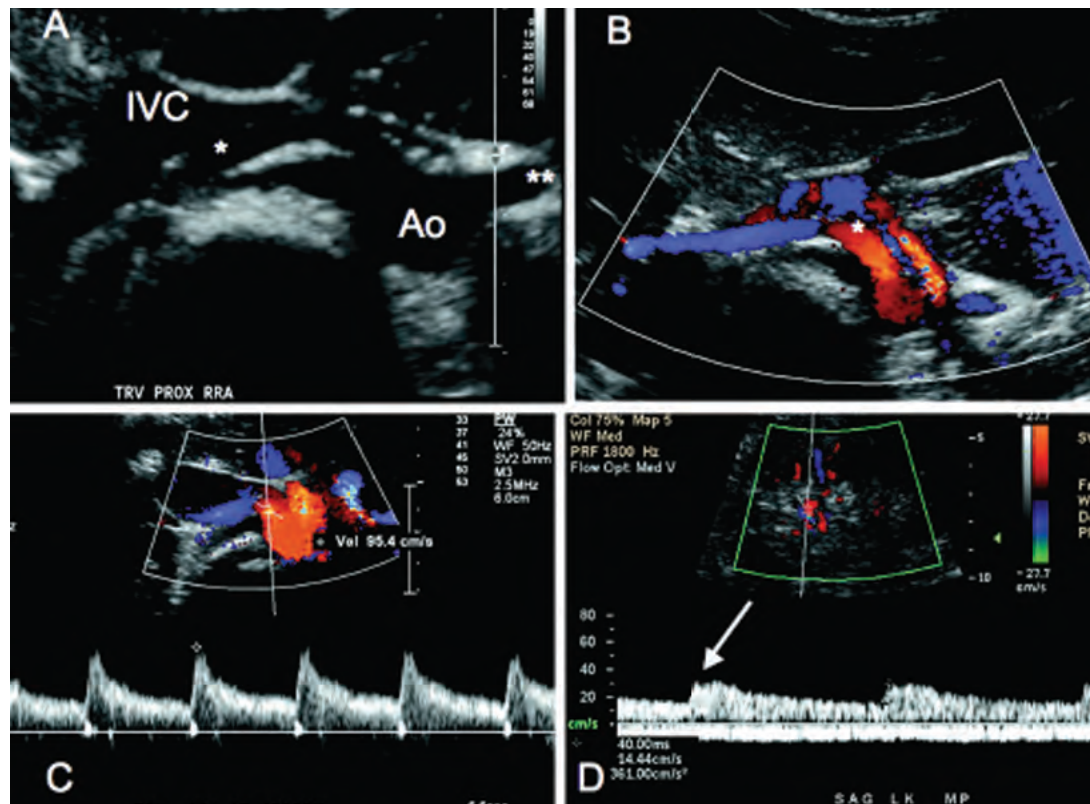
Enfermedad concomitante a nivel carotídeo, coronario, o periférico;

ICC inexplicable, EAP súbito.

Evaluación ultrasónica normal de la vasculatura renal

Normalmente, un estudio vascular del riñón incluye tanto una evaluación color como espectral x Doppler.

El estudio x Doppler Color del parénquima se realiza para evaluar cualitativamente las alteraciones de la perfusión global y focal



El Doppler Color provee información sobre los vasos mayores y el promedio en la velocidad del flujo de los vasos.

El Doppler Espectral permite una evaluación más cualitativa y es útil en detectar alteraciones en la resistencia del parénquima y en los vasos mayores (RAS).

Mediciones espectrales se obtienen de las porciones proximal, media y distal de la arteria renal; vena renal; aorta y VCI.

Mediciones espectrales x Doppler también se obtienen de las arterias intrarenales (usualmente arterias interlobares, las que están adyacentes a las pirámides medulares o arterias arcuatas, situadas a nivel de la unión córtico-medular).

VELOCIDAD SISTÓLICA PICO (VSP), útil para RAS

TIEMPO DE ACELERACIÓN
(tiempo que tarda en llegar al PICO SISTÓLICO temprano),

INDICE DE RESISTENCIA (RI = $VSP - VDP$)/ VSP)

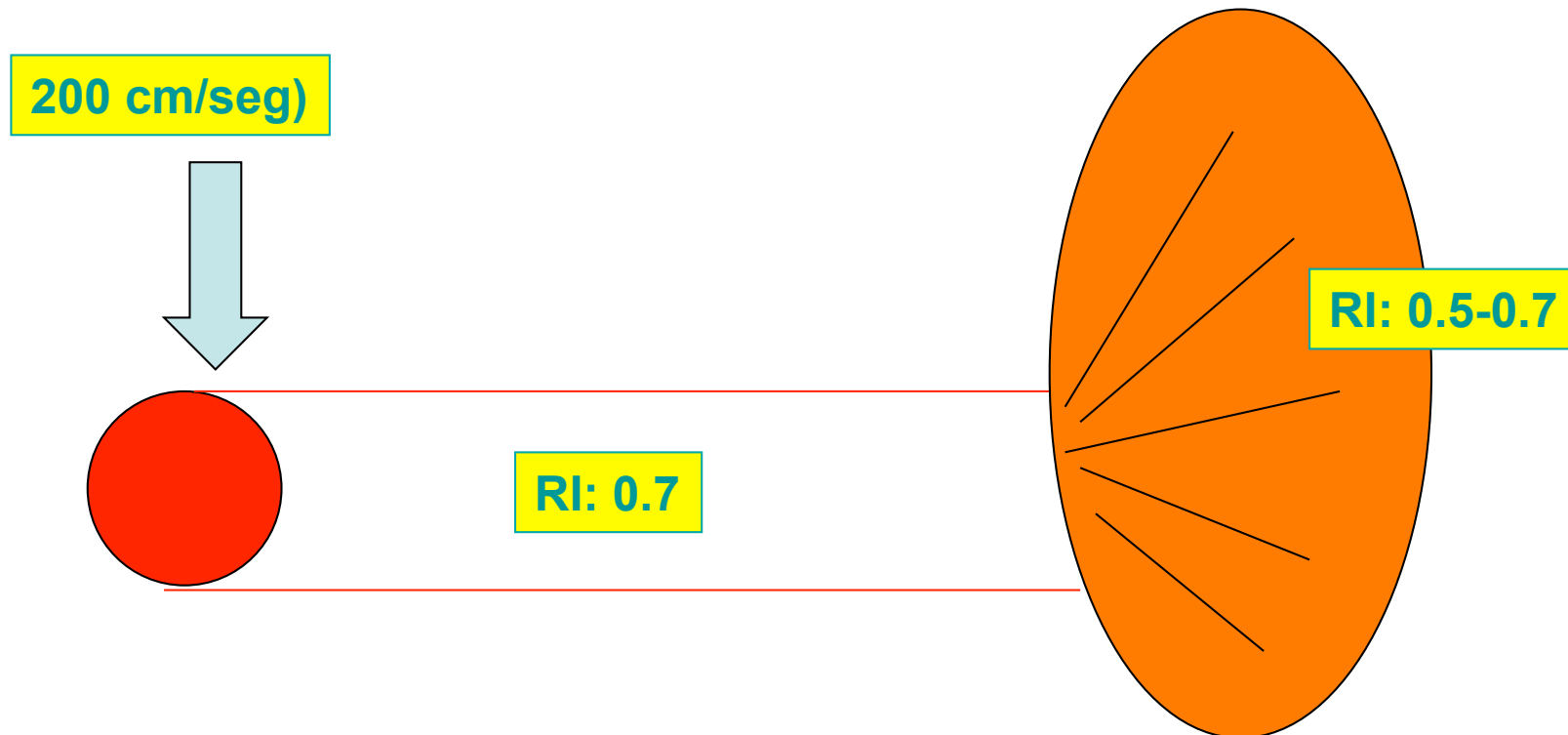
De éstas, el RI sea probablemente el parámetro mejor estudiado.

El RI es una función compleja de compliance renal y prerenal, FC, y resistencia vascular;

Por lo que un cambio en el RI puede resultar de múltiples factores.

Las formas de las ondas de la arteria renal principal x el Doppler espectral deberían demostrar un patrón típico de órgano macizo con bajas resistencias parenquimatosas (RI 0.7) y una VSP de 200 cm/s.

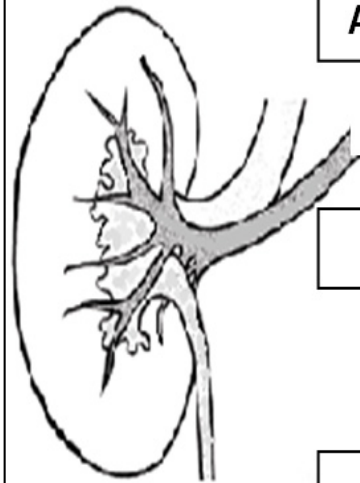
A nivel interlobar las arterias deberían mostrar una subida rápida con un tiempo breve de aceleración (<70 a 120 ms) y un RI entre 0.5 y 0.7.



ESTENOSIS DE LA ARTERIA RENAL

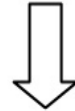


RAS



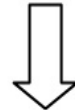
Angiotensinogen

Renin



Angiotensin I

ACE



Angiotensin II



Vasoconstriction

Renal sodium retention

Aldosterone secretion

Vascular effects

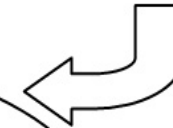
- Hypertrophy
- Remodelling

Sympathetic nerve system activation

Myocardial effects

- LV hypertrophy
- Myocyte growth
- LV remodelling

Transition to alternative vascular mechanism, e.g.
Oxidative Stress
Endothelin
Vasoconstrictor prostaglandins



Ecografía en la Evaluación de la RAS

La precisión del ultrasonido para evaluar la RAS está en el orden del 70 a 90%.

Los criterios más importantes son: un VSP elevado >200-250 cm/s en la arteria renal y un cociente sistólico renal-aórtico >3.0 a 3.5

(cociente de la VSP máxima en la arteria renal en el sitio de la estenosis sobre al VSP en la aorta).

ESTENOSIS DE LA ARTERIA RENAL

Una estenosis hemodinámicamente significativa de la arteria renal (RAS) se define como una disminución de la luz de la arteria renal de un 50-60%.

La aterosclerosis es la causa en aproximadamente el 90% de los casos, Seguida de la displasia fibromuscular (FMD) con el 10% restante.

La hipertensión renovascular se ve en el 1 a 5% de todos los pacientes con hipertensión y un 15 a 30% de aquéllos con hipertensión refractaria; Hasta un 30% de los pacientes con hipertensión resistente pueden tener RAS.

La atrofia renal se desarrolla en hasta el 21% de los pacientes con un diagnóstico de RAS del 60%.

Los hallazgos clínicos que más frecuentemente se correlacionan con hipertensión vascular son:

**Hipertensión acelerada o episodios breves de corta duración;
retinopatía;**

edad avanzada;

Coexistencia de enfermedad cardiovascular, vascular periférica, o cerebrovascular.

El radiorenograma con Captopril es de utilidad limitada en pacientes con RAS bilateral (que ocurre en el 20 a 30%), riñones solitarios, o enfermedad renal crónica.

Por estas razones, la imagenología directa ha pasado a ser el método preferido para diagnóstico, usando CT, MRI, o Doppler.

El Doppler tiene la ventaja de ser inocuo, sin uso de contraste iv, amplia disponibilidad y bajo costo.

Hay 2 formas sonográficas para evaluar una RAS hemodinámicamente significativo:

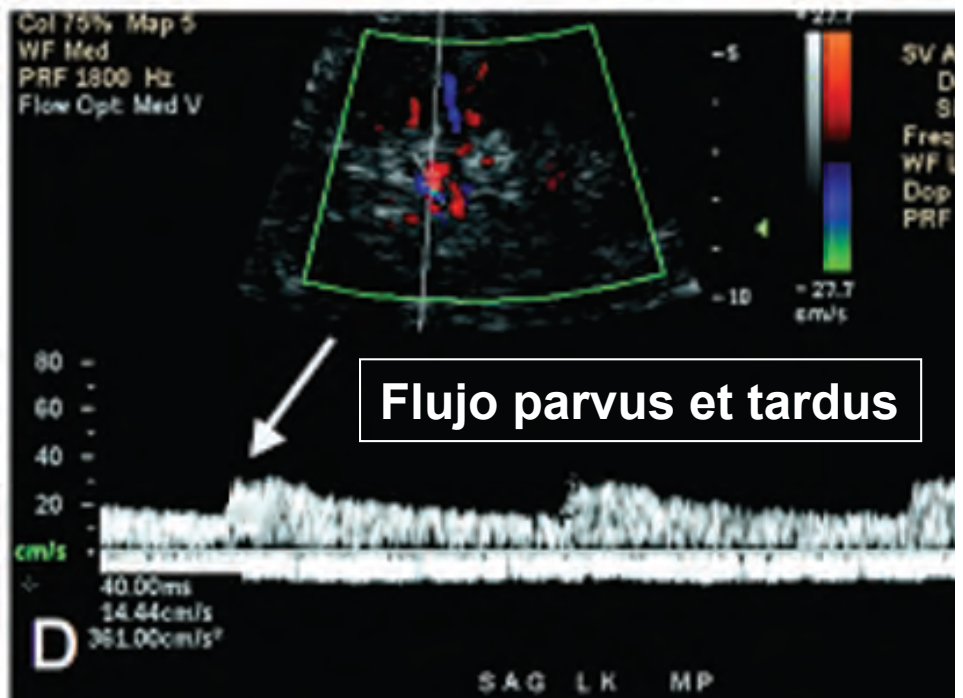
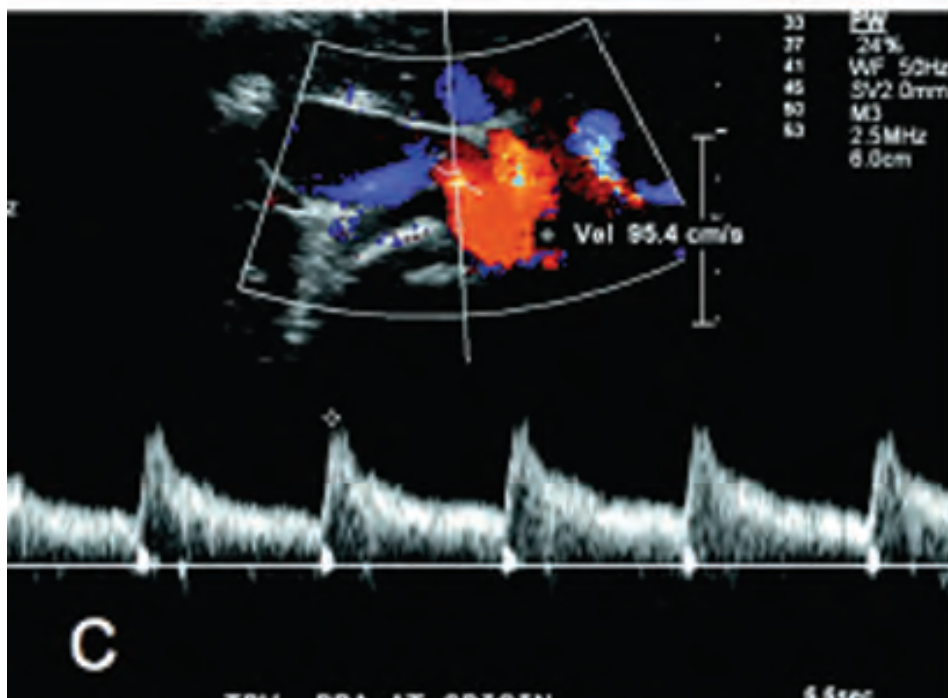
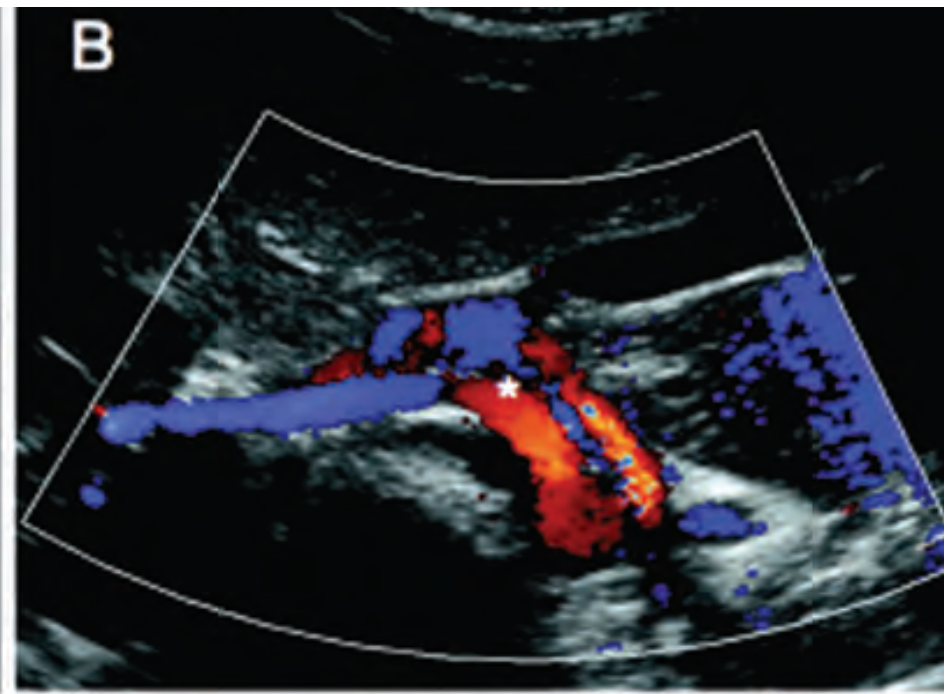
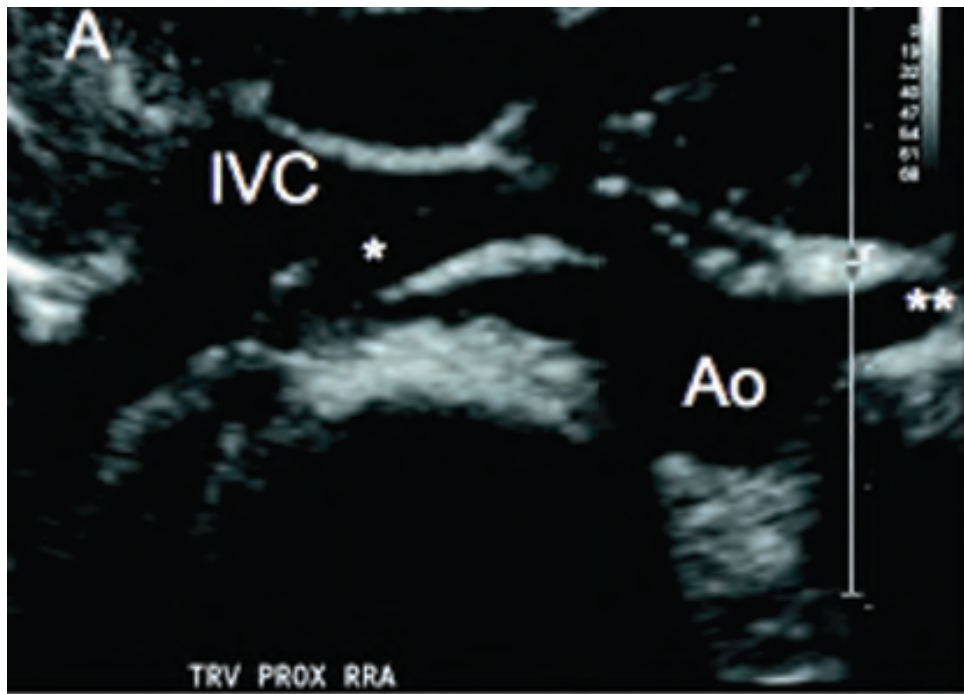
Estudio “Directo” de las arterias renales y

Estudio “Indirecto” que involucra la medición intrarenal de las formas de las ondas espectrales x Doppler

El Doppler color es útil para detectar alteraciones en el patrón del flujo del color, indicando disturbios en el flujo de tipo focal como turbulencias, las que pueden indicar la localización de una estenosis del orden del 70 al 90%

El VSP es el parámetro más preciso para detectar una RAS, con una sensibilidad estimada del 85% y una especificidad del 92%.

Una estenosis hemodinámicamente significativa del 60% se sospecha cuando la VSP es > 200 cm/s y el RAR es de 3.0 a 3.5



La evaluación directa de la arteria renal tiene varias limitantes y es bastante frecuente de encontrarlas:

**Obesidad,
interposición de gases,
variación en el origen de las arterias renales,
tortuosidad arterial,**

**pueden tapar segmentos de la arteria renal,
especialmente las porciones medias y distales (10-20%).**

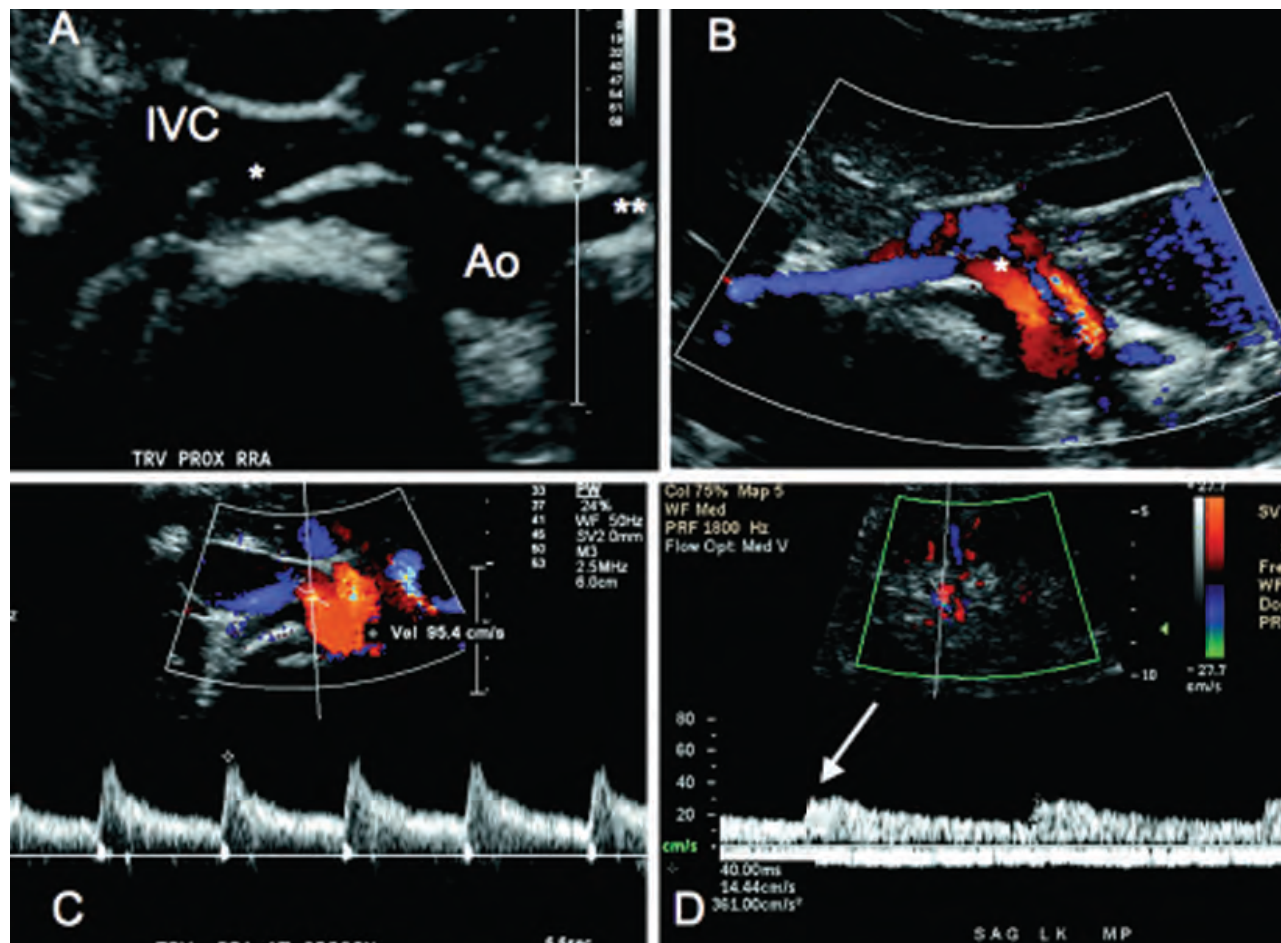
Además de los resultados falsos-negativos relacionados a una visualización incompleta de las arterias,

una RAS puede pasar inadvertida si la VSP es menor de lo esperable debido a un volumen minuto cardíaco bajo o a una estenosis aórtica (aquí el RAR no está afectado) o debido a una RAS severa, difusa o segmentaria, o a una RAS con atrofia renal ipsilateral.

Por otro lado, resultados falsos positivos pueden ocurrir cuando la velocidad de la arteria renal está elevada por estados de flujo elevados, como el hipertiroidismo o vasos tortuosos o errores técnicos.

La segunda técnica es la “indirecta” y se basa en la evaluación de las ondas en las arterias intrarrenales.

Es una medición técnicamente más fácil, y tiene una tasa de fracaso de ser realizada del orden del 5%



**El RI no es útil para detectar RAS bilateral,
la cual ocurre en el 20-30% de los casos de RAS**

**Además, el RI es influenciado por factores múltiples,
incluyendo la presencia de enfermedad renal parenquimatosa
y de obstrucción,
dando resultados tanto falsos positivos como negativos.**

**Respecto a los otros parámetros intrarenales,
el más citado es un tiempo de aceleración de 70 ms
y una aceleración sistólica temprana de 3.0 a 3.5 m/s²**

Una determinación indirecta requiere que la estenosis sea significativa (60 al 75%) para producir un efecto distal intrarenal.

El análisis intrarenal no debe hacerse aislado.

Es importante como complemento para detectar estenosis segmentarias o en arterias accesorias.

También para confirmar la presencia de una RAS en la arteria principal.

Así, el uso de parámetros tanto extrarenales como intrarenales han mejorado la sensibilidad y la especificidad.

El valor predictivo negativo es del 90%.

Un número considerable de sujetos experimentan escasa mejoría a pesar de la corrección de la RAS.

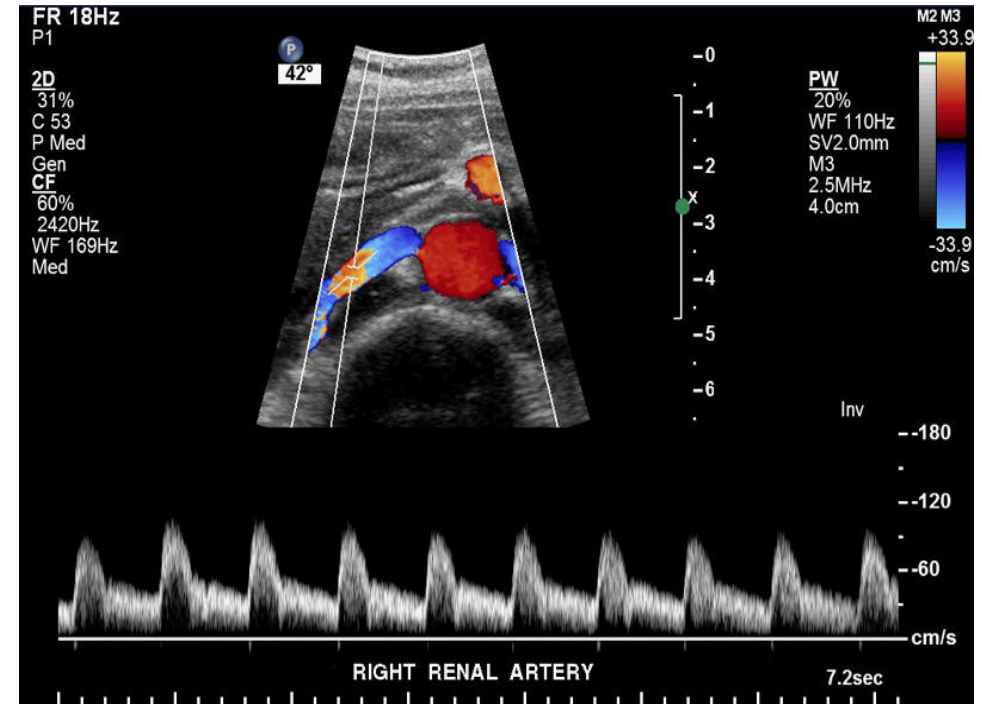
Poder predecir qué pacientes se beneficiarían de la angioplastia sería ideal:

Un estudio prospectivo hecho por Radermacher *et al.* sugiere que un RI de 0.8 se asocia con fracaso al tratamiento.

Otro uso potencial del Duplex es para detectar estenosis recurrente, que ocurre entre el 2 y el 36% entre los 6 y los 12 meses post-angioplastia con stent.

La sensibilidad y la especificidad para detectar una estenosis post-stent no varía:

90%

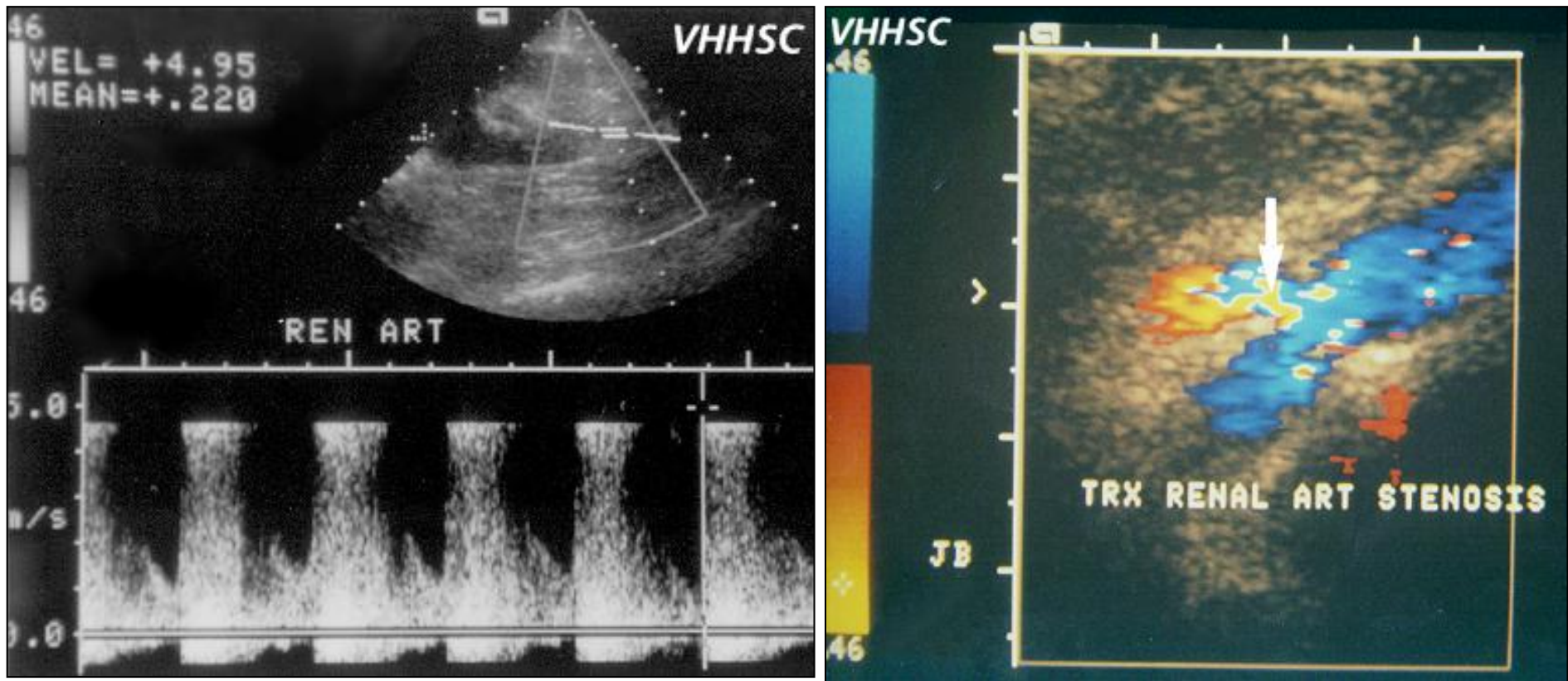


The classic direct or extrarenal method Doppler parameters are the renal artery peak systolic velocity >200 cm/s and the renal aortic ratio >3 .

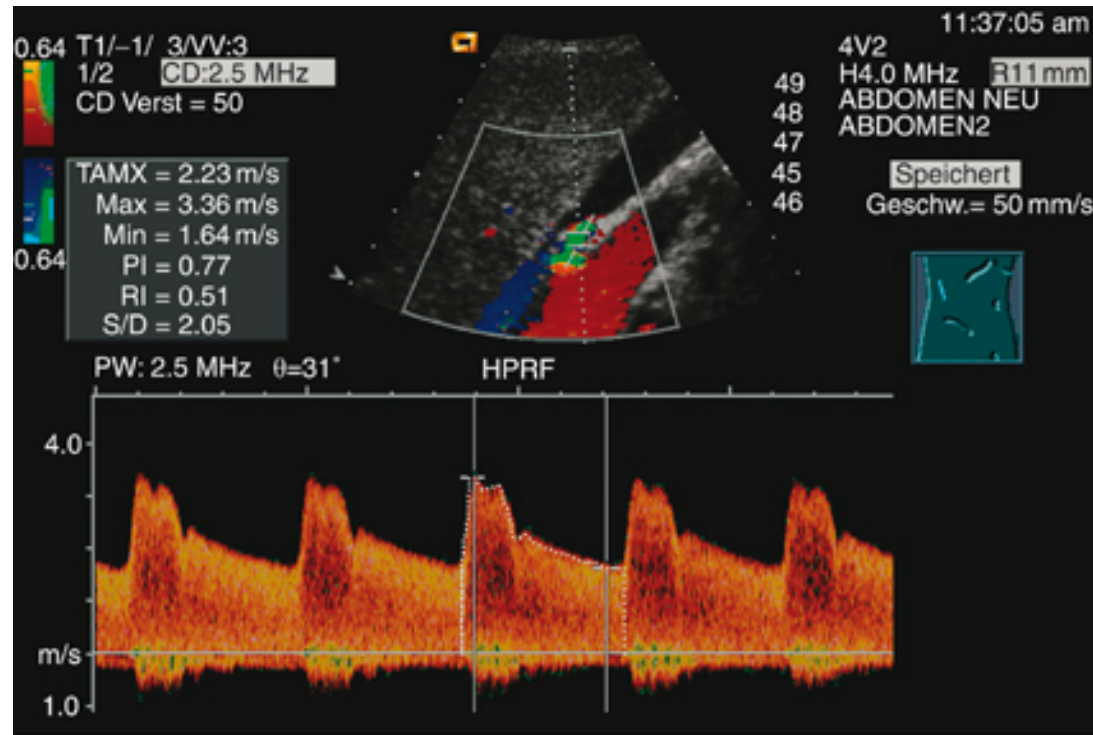
A new direct method Doppler parameter, the renal renal ratio, with a cutoff value >2.7 , shows significantly improved specificity and sensitivity compared with conventional direct method Doppler parameters for renal artery stenosis diagnosis.

A renal resistance index $<0.75-0.80$ identifies patients with renal-artery stenosis in whom angioplasty or surgery will improve blood pressure or renal function.

En la práctica clínica podemos considerar un RI normal con valores <0,60-0,64, con disfunción renal leve a moderada de 0,65 a 0,79, y con disfunción renal severa >0,80



High grade transplant renal artery stenosis. A high velocity jet (4.95 m/s) is present proximally in the vessel (13a). Aliasing and turbulent flow are present. CD image of the same stenosis (13b) shows colour aliasing (arrows) at the site of the jet.

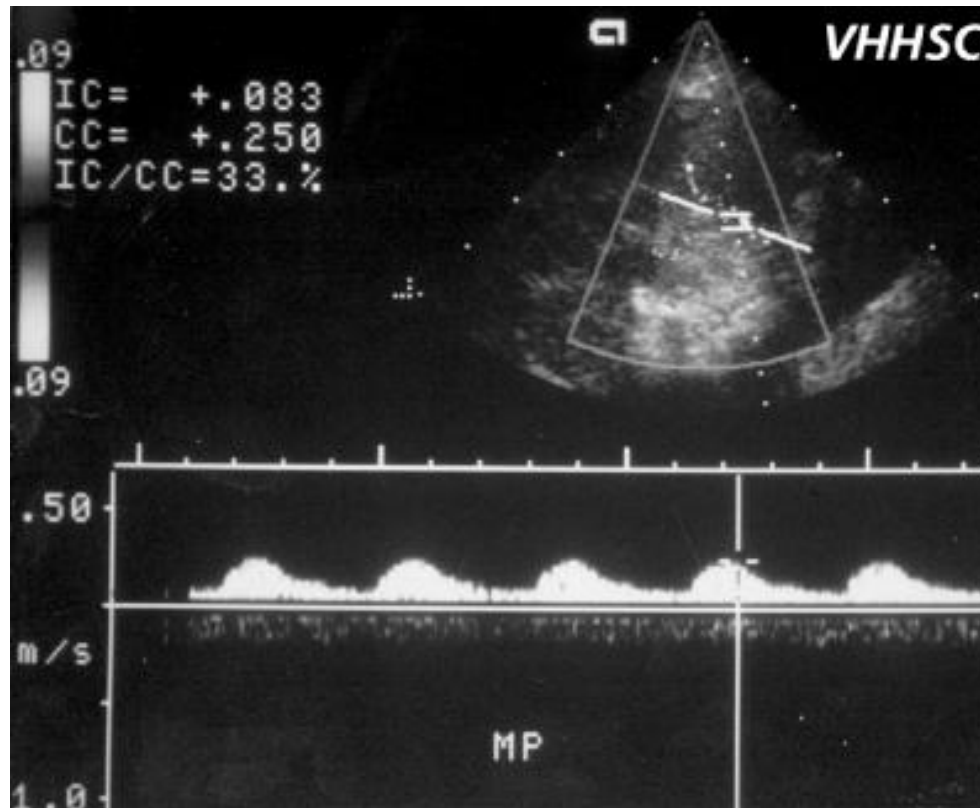


Color duplex sonography of right-sided ostial renal artery stenosis.

High peak systolic velocity of 3.36 m/s is obtained within in the stenosis.

The green color indicates high blood flow velocity with turbulences near the stenosis.

Low mean resistive index (RI=47) of the right kidney is an indirect sign of significant stenosis.



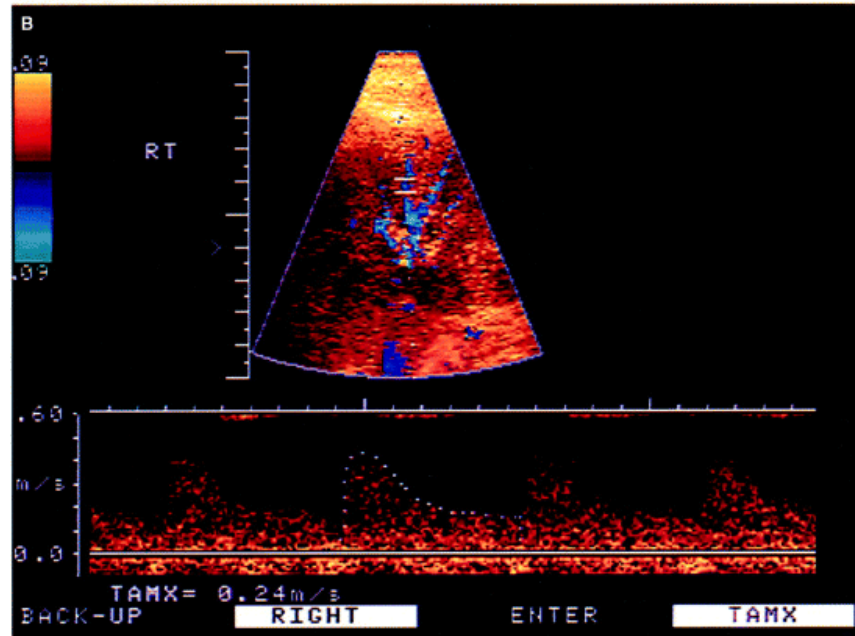
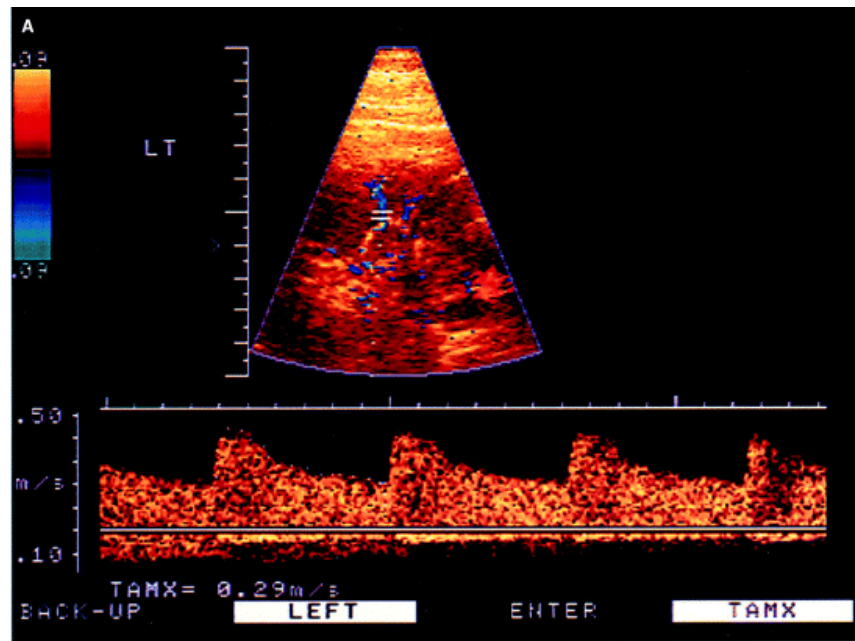
Aliasing and perivascular colour assignment may be seen in high-grade stenoses.

A pathologically low RI within the graft (0.6 or less) may be highly specific for stenoses over 50%.

Reduction in pulse amplitude and delayed systolic upstroke on PD (parvus-tardus phenomenon) may be identified within the renal parenchyma downstream from a significant stenosis.

This waveform, characterized by an acceleration index less than 3 m/s² or a systolic acceleration time over 0.07 s should be considered strong evidence of a high-grade RAS.

Regardless of the sonographic findings, angiography must be performed when clinical suspicion of RAS is high.



Medicina Nuclear en la Evaluación de la RAS

Radiorenograma con Captopril

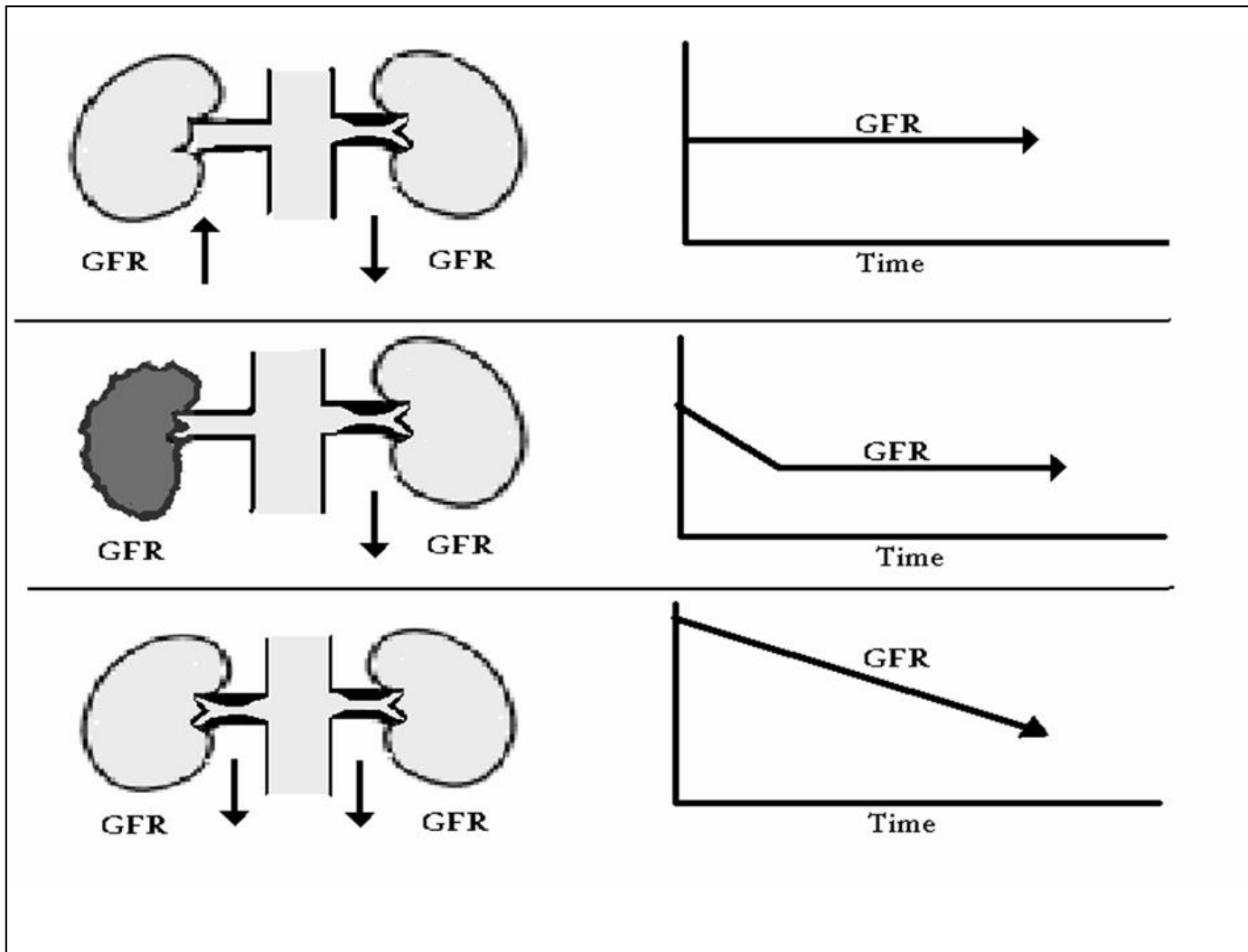
Pacientes en tratamiento con IECAs o ARA II pueden ser estudiados sin suspender el tratamiento. Si resulta anormal, se repite sin medicación.

Si el estudio basal es normal, la RAS debe ser descartada con el uso de Captopril.

La sensibilidad no es tan alta como la de la TAC o la RM.

Su utilidad es más para descartar la RAS que para confirmarla.

De esta forma, los resultados de este estudio necesitan ser confirmados con otros métodos diagnósticos.



Potential effects of ACE inhibition on GFR (renal function) in patients with hemodynamically significant RAS.

Upper: The effect in the setting of unilateral stenosis with a normal contralateral kidney.

Middle: The effect in the setting of unilateral stenosis with contralateral parenchymal disease (gray).

Lower: The effect in the setting of bilateral stenosis

En pacientes sin IECAs o ARA II, se dan 25 a 50 mg de captopril oral (o 40 g/kg de enalapril iv) antes del estudio.

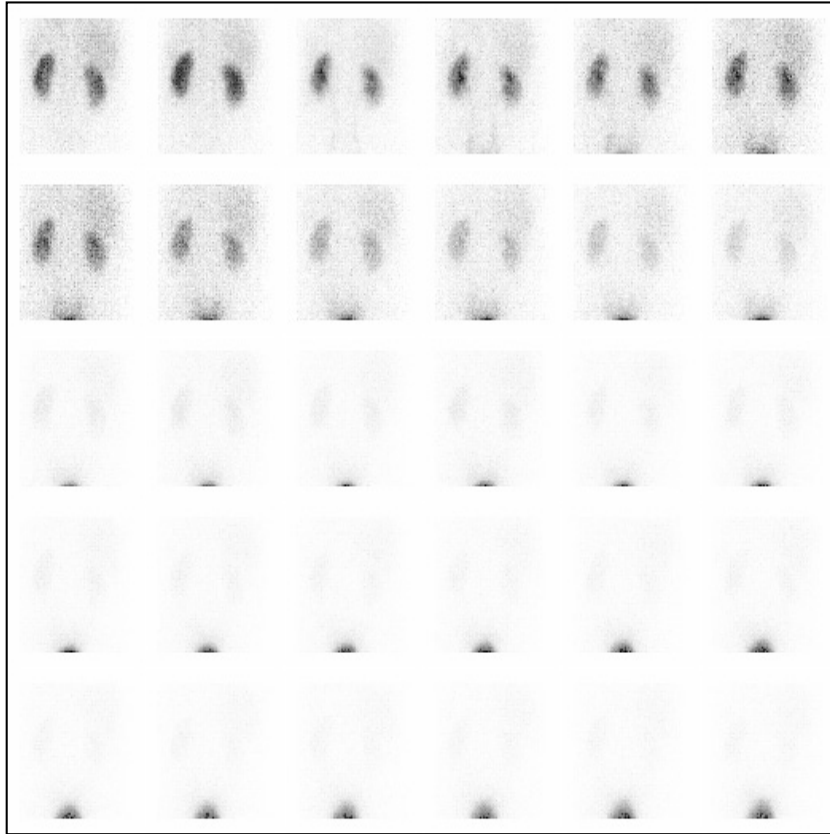
La TA se monitorea en tiempo basal y luego cada 15 min por 1 h. Después de la administración del radiofármaco, se obtienen imágenes por 30 min para evaluar la captación y excreción del trazador por los riñones.

Un aumento en el tiempo que lleve a captar al máximo el trazador y un aumento en el tiempo de tránsito del mismo por el parénquima renal son sugestivos de RAS.

Con función renal normal, el radiorenograma con IECAs tiene un valor predictivo del 92%.

**Con función renal anormal,
obstrucción urinaria,
uso prolongado de IECAs,
RAS bilateral, y
deshidratación,**

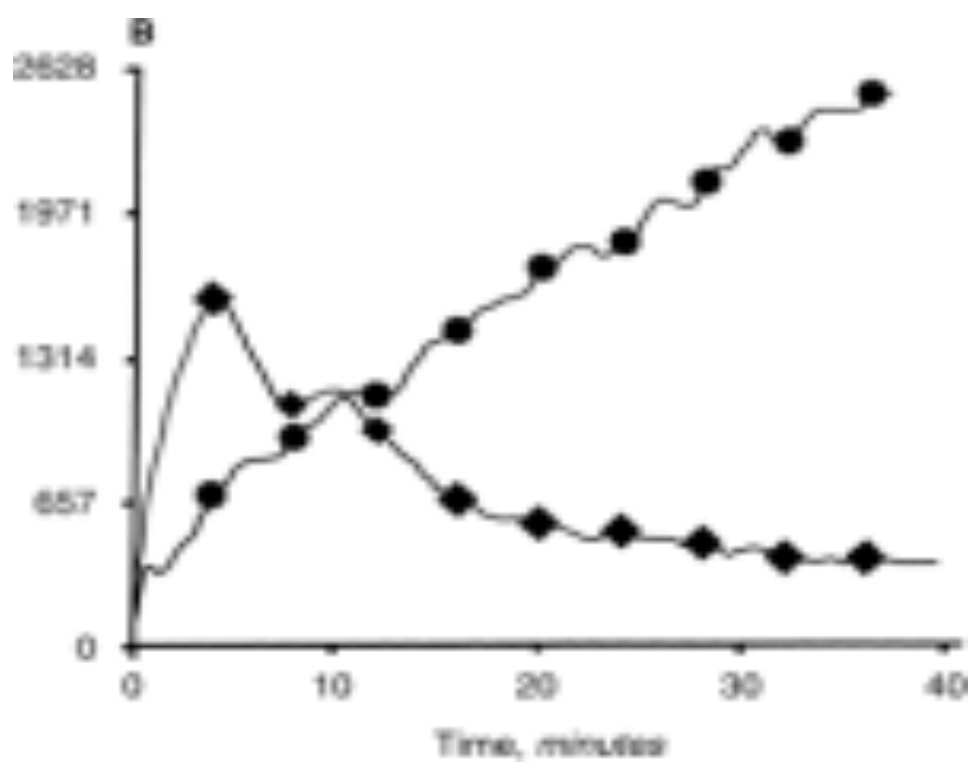
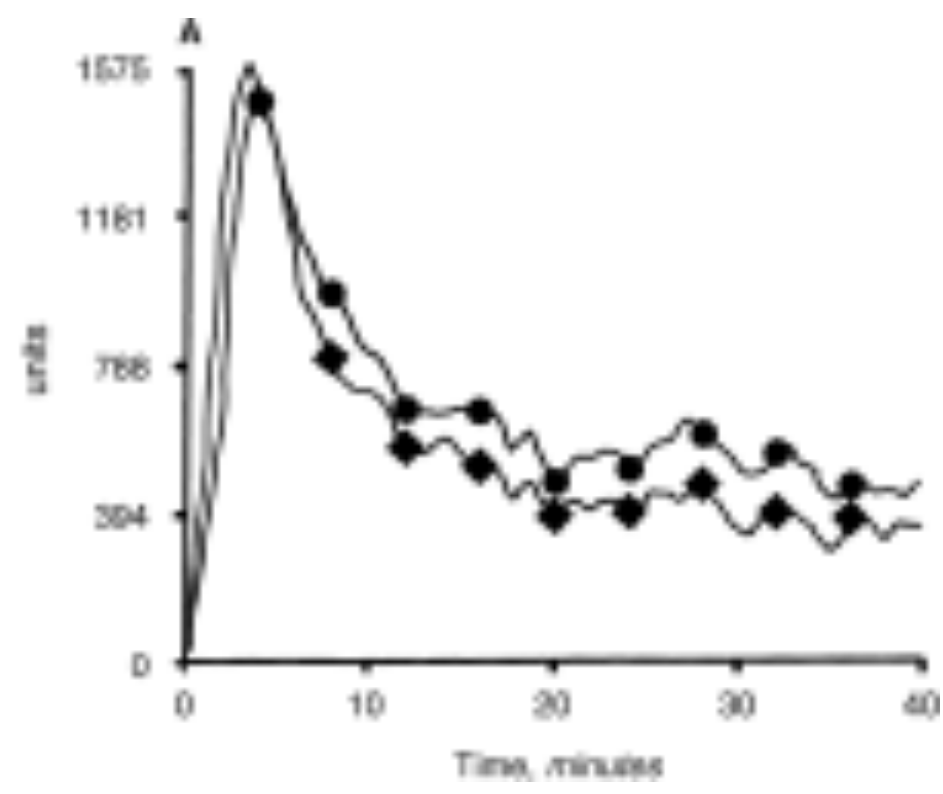
la sensibilidad es menor.

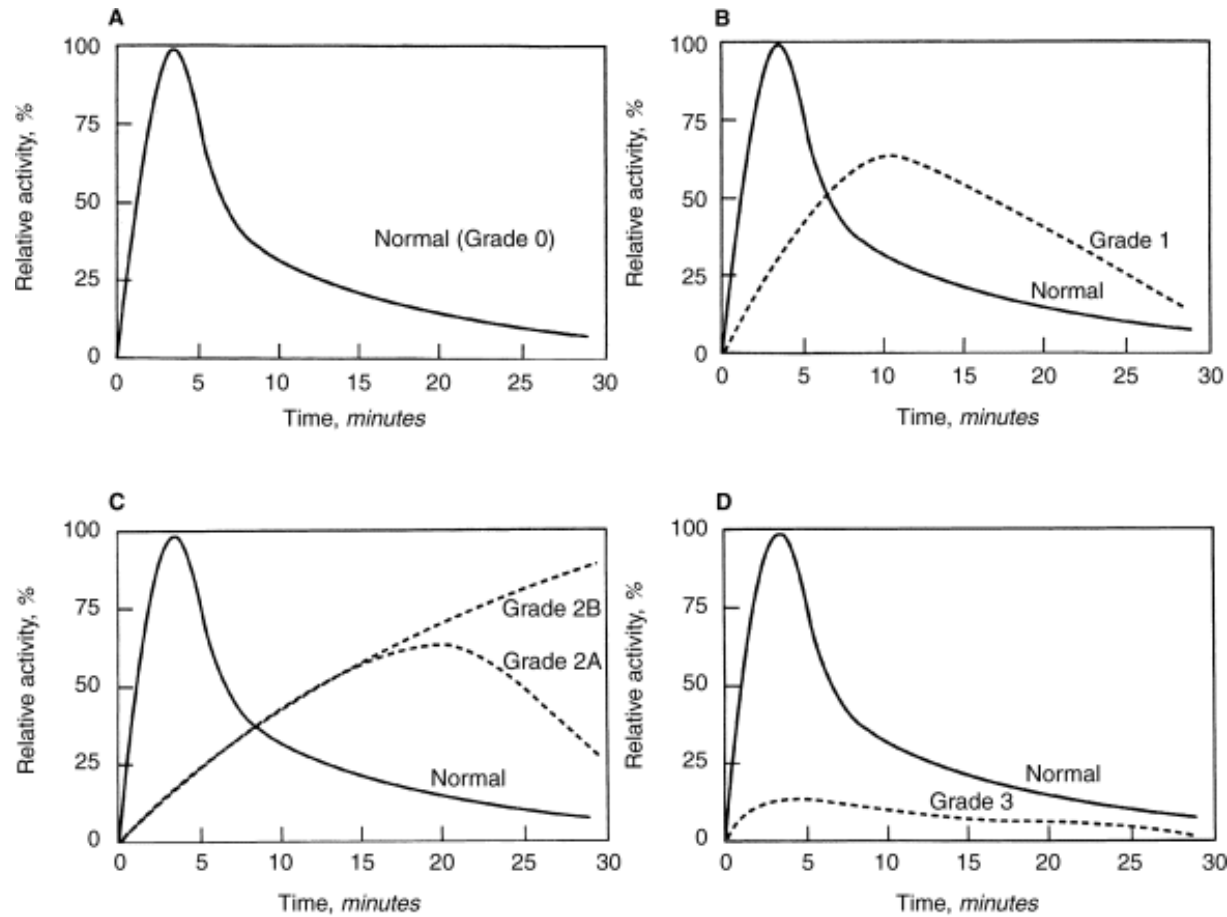


The pre-captopril study is normal but the captopril study demonstrates significantly delayed clearance of activity from the left kidney, consistent with renovascular hypertension due to left renal artery stenosis.

This was confirmed by angiography.

Angioplasty of the left renal artery was performed.





In patients with significant RAS, the Captopril renogram will deviate from the baseline renogram. The changes induced by captopril can be analyzed based on the grading system. Thus, a change induced by captopril from grade 0 to 1, 2, or 3, from grade 1 to 2 or 3, or from grade 2 to 3 strongly suggests renovascular hypertension. The changes after captopril can be pronounced.

If an improvement in the renogram is induced by ACE inhibition, that is, a change from a higher to a lower grade, the likelihood of RAS is very low.

Abnormalities corresponding to grade 2B and grade 3 usually are not influenced by ACE inhibition.

If only Captopril renography is performed and baseline renography is omitted, scintigraphic abnormalities corresponding to grade 1, 2, or 3 make renovascular hypertension suspect.

	Baseline renography	Captopril renography			
	Grade 0	Grade 1	Grade 2A	Grade 2B	Grade 3
Grade 0	L	H	H	H	H
Grade 1	L	I	H	H	H
Grade 2A	L	L	I	H	H
Grade 2B	L	L	L	I	H
Grade 3	L	L	L	I	I

Resonancia Magnética en la Evaluación de la RAS

La RM también produce imágenes tipo angiograma de las arterias renales pero sin el uso de contraste iodado.

Esto la convierte en la modalidad de elección para evaluar la RAS.

La RM sin contraste puede ser usada para RAS.

**La desventaja de la técnica sin contraste es que sólo los primeros 3 a 3.5 cm proximales de las arterias renales pueden ser visualizadas, las arterias accesorias no se ven en el 50% de los casos,
Y las estenosis pueden ser sobregraduadas como oclusiones.**

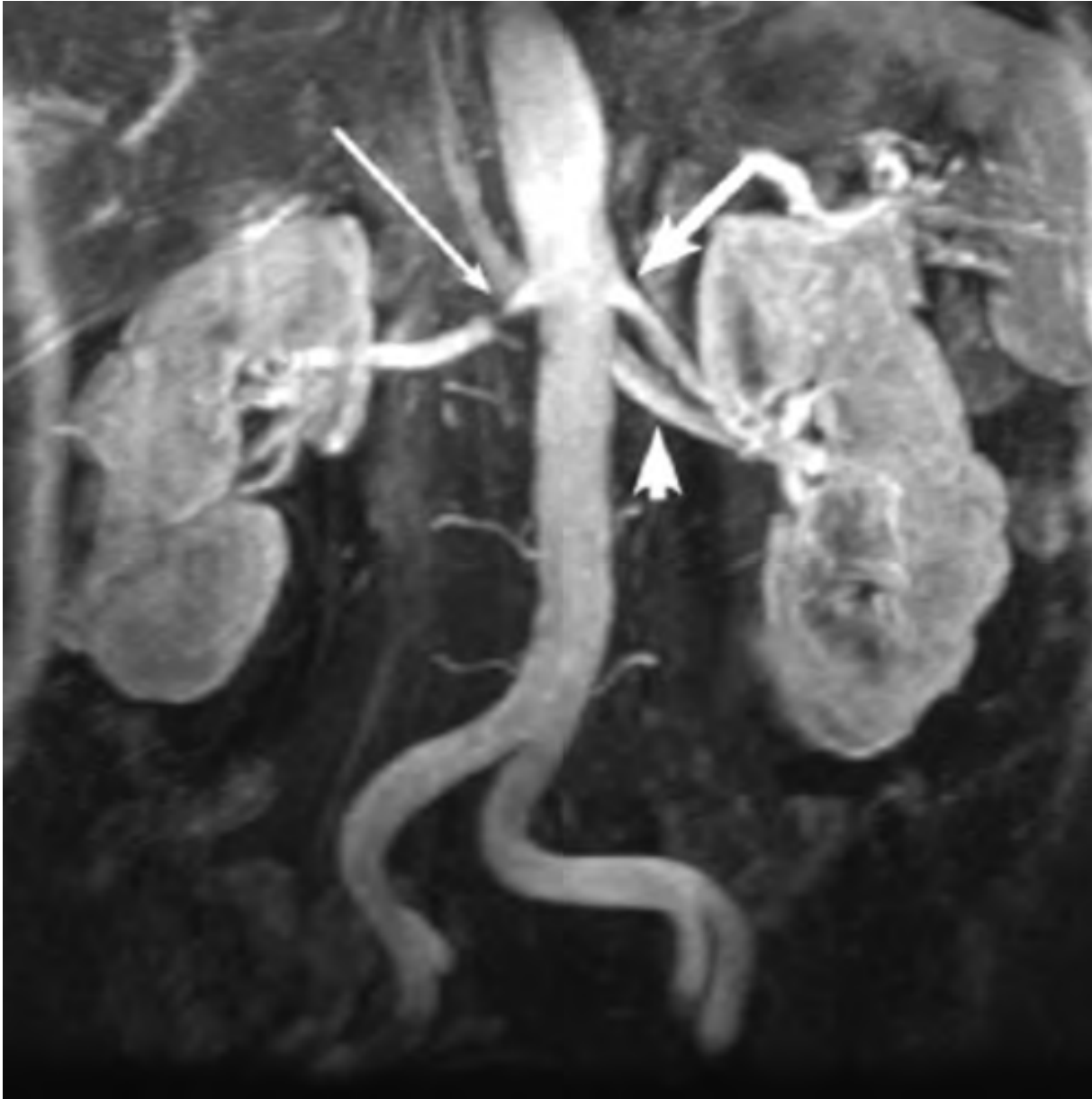
La RM es útil en pacientes que no pueden recibir tanto yodo como gadolinio.

La sensibilidad y la especificidad de la RM para RAS son del 97 y 93%,

Una RM normal excluye una RAS en el 98% de los pacientes.

Una desventaja de la RM es la demostración inconstante de los vasos que están más allá del hilio.

Debido a que la FMD afecta la porción distal de las arterias y sus ramas, la RM puede no ser el estudio ideal para evaluar la sospecha de FMD.



Coronal MRA of the abdominal aorta. Demonstrates a stenosis in the right main renal artery (long arrow) and normal left renal artery (thick arrow). Arrowhead points to left renal vein.

