

# Duplex renal: utilidad clínica

M. Miralles - A. Giménez - M. A. Cairols - V. Rimbau - A. Sáez

Hospital Universitario del Mar.  
Universidad Autónoma de Barcelona (España)

## RESUMEN

El objetivo de este estudio es el de valorar la utilidad clínica del Duplex renal en la detección de pacientes con patología vásculo-renal, analizando: 1. Precisión Duplex/angiografía en la gradación de estenosis de la a. renal. 2. Correlación Duplex/renograma isotópico en la valoración de la perfusión del parénquima renal. 3. Efecto de los inhibidores del enzima convertidor (captopril) sobre la señal Doppler del parénquima, comparándola al resultado del «test» del captopril sobre la actividad de renina plasmática periférica y renograma isotópico, en los pacientes con HTA vásculo-renal.

Comparamos los resultados del Duplex y la angiografía en 92 arterias renales correspondientes a 46 pacientes. Se estableció una clasificación con 3 grados de estenosis para ambas técnicas: 0-59%, 60-99% y oclusión. El Duplex identificó correctamente 49/54 estenosis <60%, 28/33 estenosis >60% y 5/5 oclusiones (Kappa 0,8), con una sensibilidad y especificidad en la detección de estenosis >60% del 89,5% y 90,7%, respectivamente, y una exactitud del 90,2%.

La angiografía demostró estenosis >60% en 23 pacientes hipertensos (presión diastólica >100 mm Hg). En todos ellos se realizó determinación de actividad de renina plasmática, renograma isotópico y registro Doppler de las a. interlobares basal y postcaptopril. La correlación entre el Duplex y el renograma isotópico en la valoración de la perfusión renal relativa fue significativa ( $r=0,91$ ;  $p<0,001$ ). El «test» del captopril fue positivo para la renina y renograma isotópico en 5 pacientes (4 con estenosis unilateral y una bilateral). Todos ellos presentaban estenosis severas (>80%). En todos los casos, se detectó un descenso significativo del  $21,5\% \pm 8,3\%$  en los valores de la Vsist máx de las a. interlobares del riñón homolateral a la estenosis (Wilcoxon:  $p=0,028$ ), siendo significativa la diferencia entre los dos grupos (captopril positivo y negativo) (U Mann-Whitney:  $p=0,0002$ ).

Concluimos que el Duplex renal presenta una buena correlación con la angiografía en la detección de estenosis de la a. renal y con el renograma isotópico en la valoración de la perfusión renal. El Duplex renal asociado al «test» del captopril puede suponer una alternativa eficaz en la detección de pacientes con HTA vásculo-renal.

## SUMMARY

It is the purpose of this report to focus attention on the clinical usefulness of Renal Duplex for the diagnosis of patients with vasculo-renal disease.

## Duplex renal: utilidad clínica

La prevalencia de la etiología vásculo-renal entre la población con hipertensión arterial (HTA) se estima en un 5-10 % (1); no obstante, en pacientes seleccionados con hipertensión maligna o insuficiencia renal asociadas, puede llegar a superar el 30 % (2).

Se han descrito numerosas técnicas diagnósticas para identificar esta población de riesgo, dada la potencial curabilidad de su hipertensión. La arteriografía es la técnica de elección para la detección de estenosis de la a. renal, pero las complicaciones derivadas de la punción arterial y de la administración de contraste no permiten su generalización como técnica de «screening». Mediante la pielografía y el renograma isotópico es posible identificar el 80 % de los pacientes con patología arterial oclusiva a este nivel, pero con una tasa de falsos positivos del 11 % y 25 %, respectivamente (3).

Más recientemente, la exploración con Duplex ha demostrado su utilidad en la valoración «no invasiva» del grado de estenosis de la a. renal (4).

Todas estas técnicas basan su capacidad diagnóstica en la detección de la patología oclusiva vásculo-renal, pero no permiten establecer una relación estenosis/hipertensión arterial.

La introducción de los inhibidores del enzima convertidor de la angiotensina ha supuesto un nuevo enfoque diagnóstico mediante la elevación farmacológica de los niveles de renina plasmática, especialmente acusada en estos pacientes. La de-

ses in terms of: 1. Accuracy of Duplex/Angiography in the measurement of the renal stenosis degree. 2. Correlation between Duplex and Isotopic Renogram with respect to the study of the parenchyma's perfusion. 3. The effect of the inhibitors of the conversor enzyme (Captopril) on the Doppler signal of the parenchyma, comparing it with the results from the captopril test about the peripheral plasmatic renine activity and the isotopic renogram, in patients with vasculo-renal HTA.

Results obtained by Duplex and Angiography were compared in 92 renal arteries from 46 patients. For both technics, three degrees of stenosis were established: 0-59%, 60-99% and occlusion. The Duplex technique identified 49/54 stenosis <60%, 28/33 stenosis >60% and 5/5 occlusions (Kappa 0,8). Sensibility and specificity of Duplex for the diagnosis of stenosis >60% were, respectively, 89,5% and 90,7%; with an exactness of 90,2%.

The angiographies showed stenosis >60% in 23 patients with HTA (diastolic pressures >100 mmHg). In all of the patients, a measurement of the plasmatic renine activity, an isotopic renogram and a Doppler of the interlobar arteries basal and postcaptopril, were performed. The correlation between Duplex and isotopic renogram with respect to the measurement of the relative renal perfusion was statistically significant ( $r=0,91$ ;  $p<0,0001$ ). The captopril test for renine and isotopic renogram were positives for 5 patients (4 with unilateral stenosis and 1 with bilateral stenosis). All of them showed severe stenosis (>80%). In all of the patients, a significant reduction of about  $21,5\% \pm 8,3\%$  on the Vsist. Max. in the interlobar renal arteries, at the same side of the stenosis, was found (Wilcoxon:  $p=0,028$ ), with a significant difference between the two groups (positive and negative captopril) (U Mann-Whitney:  $p=0,0002$ ).

We conclude that the renal Duplex shows a good correlation with the angiography on the diagnosis of stenosis of the renal arteries and with the isotopic renogram on the measurement of the renal perfusion. The association renal Duplex-Captopril's test may represent a useful alternative in the diagnosis of patients with vasculorenal HTA.

terminación de la actividad de renina plasmática y renograma isotópico en situación basal y tras la administración de captopril ha permitido asumentar la sensibilidad (S) y especificidad (E) en la identificación de esta población de riesgo (S 100 % y 80 %, E 80 % y 100 %, respectivamente) (5, 6).

El objetivo de este estudio es el de valorar la utilidad del Duplex renal en la detección de los pacientes con patología vasculo-renal, analizando:

- 1.— Precisión del Duplex respecto a la angiografía en la gradación de estenosis de la a. renal.
- 2.— Correlación del Duplex renal respecto al renograma isotópico

co en la valoración de la perfusión arterial renal.

- 3.— Efecto de los inhibidores del enzima convertidor (captopril) sobre la señal Doppler en las a. interlobares del parénquima renal, comparándolo al resultado del «test» del captopril sobre la actividad de renina plasmática periférica y renograma isotópico en los pacientes con HTA vasculo-renal.

### Pacientes y método

Nuestra serie incluye 46 pacientes consecutivos con un total de 92 A. renales, exploradas entre abril de 1990 y diciembre de 1991. La edad media fue de  $63,6 \pm 14,5$  años (rango 24-83). 28 pacientes (60,9 %)

eran hipertensos (presión diastólica >100 mm Hg) y 14 (30,4 %) tenían niveles de creatinina superiores a 1,3 mg/dl.

En todos los casos se practicó aortografía y/o arteriografía selectiva de las a. renales, siendo valoradas conjuntamente al final del estudio y sin conocimiento previo del resultado del Duplex. En función del grado de estenosis, se estableció una clasificación con 3 categorías: <60 %, >60 % y oclusión.

El examen Duplex se realizó con un Eco-Doppler Diasonics SPA 1000 (Diasonics, Milpitas, CA) con una sonda «phased array» de 3,5 Mhzs. que integra un Doppler pulsado de 3 MHzs.

La exploración se inicia con el paciente en decúbito supino y ayuno previo durante un mínimo de 8 horas, realizando en primer lugar cortes longitudinales en modo B a nivel de la aorta y el origen de la a. mesentérica superior, registrando la señal Doppler en ambas. A continuación se procede a practicar cortes transversales, tomando como referencia la v. renal izquierda para identificar el origen de ambas arterias renales (Fig. 1), obteniendo un registro Doppler del máximo recorrido posible. Finalmente, se localizan ambas siluetas renales, midiendo su longitud y el espesor de la cortical, detectando igualmente la señal Doppler correspondiente al parénquima renal (a. interlobares).

Siguiendo los criterios de Taylor (4) y Hansen (7), utilizamos la Vs max en a. renal y la RAR para discriminar entre estenosis superiores e inferiores al 60 %. El diagnóstico de oclusión se estableció en función de la longitud renal máxima (< 9 cm), espesor de la cortical (< 1 cm) y ausencia de señal Doppler en el parénquima.

La angiografía detectó estenosis severa de una o ambas a. renales en 23 pacientes hipertensos, con o sin elevación de la creatinina plas-

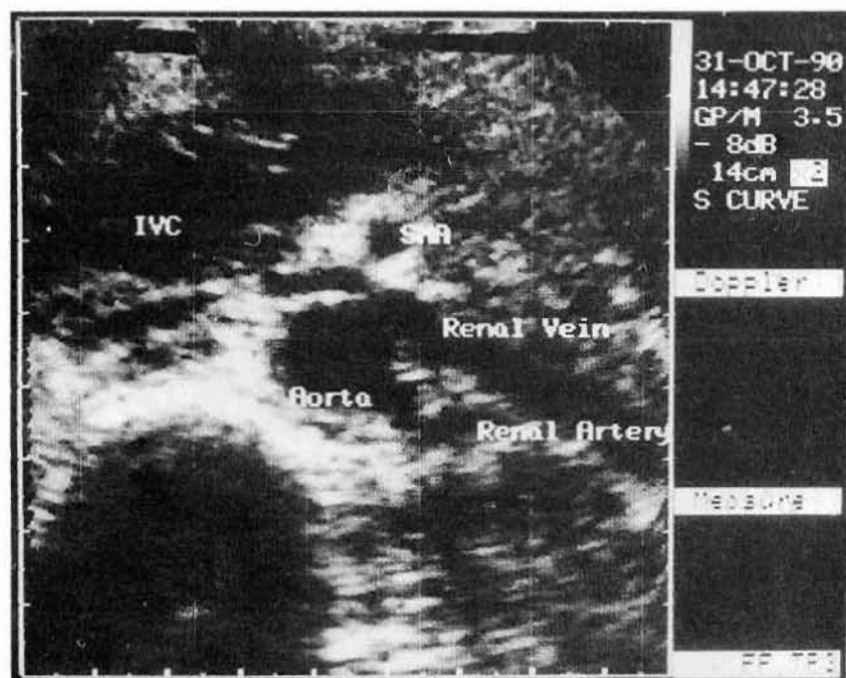


Fig. 1 - Corte ecográfico transversal a nivel del origen de ambas a. renales.

mática. En todos ellos se siguió un protocolo diagnóstico que incluía:

- 1.— Determinación de la actividad de renina plasmática basal y 60 minutos después de la estimulación con 50 mg de captopril (vía oral).
- 2.— Estudio isotópico con DTPA-Tc 99 m basal y tras la administración de captopril.
- 3.— Registro de la señal Doppler a nivel de las a. interlobares de ambos parénquimas, en situación basal y tras la administración de captopril.

Los criterios de positividad del «test» del captopril para la actividad de renina plasmática y renograma isotópico aparecen reflejados en las tablas I y II, respectivamente.

Para el análisis estadístico de los datos, se utilizó un paquete estadístico SPSS/PC+, determinando la precisión Duplex/angiografía en términos de sensibilidad, especificidad, exactitud e índice Kappa; correlación Duplex/angiografía, mediante regre-

sión lineal simple y significación estadística de las diferencias entre valores basales y postcaptopril («test» no paramétrico para grupos apare-

dos: Wilcoxon) en las distintas pruebas y entre los dos grupos: «test» del captopril positivo y negativo («test» no paramétrico para grupos independientes: U-Mann-Whitney).

## Resultados

### Precisión Duplex/angiografía (n=92 arterias).

Al igual que en la angiografía, se estableció una clasificación de estenosis por Duplex con tres categorías: < 60 %, > 60 % y oclusión. Para ello, determinamos nuestros propios parámetros de referencia según criterios objetivos de  $V_{sist}$  máx en a. renal y RAR. En las Figs. 2 y 3. aparece la distribución de valores de ambas variables en función del grado de estenosis, así como el valor umbral que permite obtener una sensibilidad y especificidad máximas. Asumiendo una  $V_s$  máx de 210 cm/s y una RAR de 3,5 como criterios para discriminar entre estenosis < 60 % y > 60 %, el Duplex, identificó correctamente 49/53 arterias con estenosis < 60 %, 28/33 estenosis

Tabla I

### Criterios de positividad del «test» del captopril para la actividad de renina plasmática periférica en los pacientes con HTA vásculo-renal

1. Actividad de renina plasmática postestimulación > 5,7 ng/ml/h.
2. Incremento absoluto > 4,7 ng/ml/h.
3. Aumento del 150% o del 400% si la actividad basal < 1,4 ng/ml/h.

Tabla II

### Criterios de positividad del «test» del captopril para la renografía isotópica en pacientes con HTA vásculo-renal

1. Disminución del porcentaje de flujo plasmático renal en el riñón homolateral a la estenosis.
2. Aplanamiento de la curva de captación del DTPA en términos de pendiente ascendente, descendente y tiempo de captación máxima.
3. Disminución de la tasa de filtrado glomerular.

DUPLEX A. RENAL

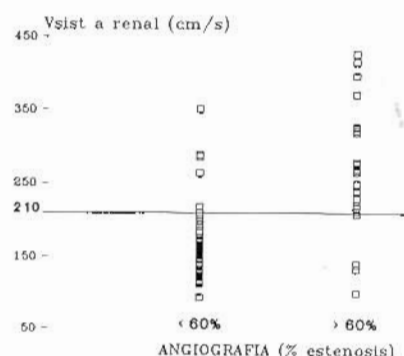


Fig. 2 - Distribución de los valores de Vsist máxima en a. renal en los grupos de estenosis de estenosis <60 % y >60 %.

>60 % y 5/5 oclusiones (kappa 0,8). La sensibilidad y especificidad en la discriminación entre estenosis <60 % y >60 % fue del 89,5 % y 90,7 %, respectivamente, con una exactitud del 90,2 % (Tabla III).

El examen detenido de las arteriografías puso de manifiesto la existencia de 10 arterias polares (10,9 % de los riñones explorados), no siendo detectados por el Duplex en ningún caso.

### Correlación Duplex/renograma isotópico (n=23 pacientes).

Para valorar la correlación del Duplex respecto al renograma isotópico en la determinación de la perfusión relativa de ambos riñones, realizamos el análisis de regresión lineal simple, considerando:

Variable independiente:  
Renograma isotópico (DTPA)

% flujo plasmático renal (riñón con captación máx.)  
% flujo plasmático renal (riñón con captación mín)

Variable dependiente: Duplex renal

Vs máx a. interlobares (riñón con captación máx)  
Vs máx a. interlobares (riñón con captación mín)

Como puede apreciarse en la figura 4, en esta serie el registro Doppler a nivel de las a. interlobares pre-

DUPLEX A. RENAL

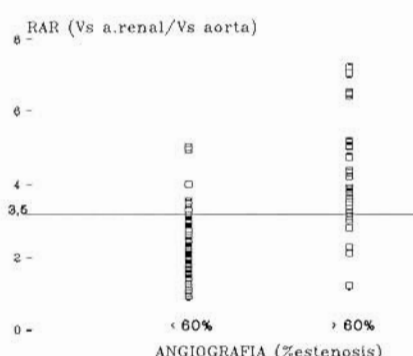


Fig. 3 - Distribución de los valores del RAR (relación aorto-renal en los grupos de estenosis <60 % y >60 %.

sentó una correlación significativa respecto al renograma isotópico ( $p < 0,001$ ), con un coeficiente de regresión  $r = 0,91$ .

### Duplex renal + captopril

(n=23 pacientes)

La determinación de actividad de renina plasmática periférica y renograma isotópico basal y tras la administración oral de 50 mg de captopril ofreció los siguientes resultados: Ambas pruebas fueron negativas en 18 casos (78,3 %). En 5 casos se detectó una disminución significativa de la captación en el renograma isotópico tras la administración del captopril («test» positivo), uni-

lateral en 4 y bilateral en otro. La actividad de renina plasmática basal estaba elevada en 2 de ellos, siendo sus valores normales en los 3 restantes. Todos ellos presentaron una elevación significativa tras la administración del captopril (Wilcoxon,  $p = 0,043$ ) (Fig. 5), resultando significativa la diferencia entre los dos grupos («test» del captopril positivo y negativo): U Mann-Whitney ( $p = 0,0008$ ). Los 5 casos presentaban lesiones severas (>80 %) en la angiografía (unilateral en 4 casos y bilateral en uno).

En todos los pacientes se registró la señal Doppler del parénquima renal (a. interlobares) antes y después de la administración del captopril. En los casos de resultado negativo en el «test» para la renina y renograma isotópico, se observó un aumento en los valores de Vsist máx (excepto en 4 riñones con disminución <10 %). Los 5 pacientes (6 parénquimas renales) con resultado positivo presentaron una disminución significativa de la Vsist máx en las a. interlobares del riñón homolateral a la estenosis tras el captopril del 21,5 % + 8,3 % con respecto a los valores basales (Wilcoxon:  $p = 0,028$ ) (Fig. 6). La diferencia entre los dos grupos (captopril positivo y negativo) fue significativa (U Mann-Whitney:  $p = 0,0002$ ).

Tabla III

Distribución de aciertos y errores del Duplex respecto a la angiografía en la identificación de los distintos grados de estenosis

		DUPLEX RENAL Angiografía		
		< 60%	> 60%	Oclus.
D U P L E X	<60%	49	4	0
	>60%	5	28	0
	Oclus.	0	1	5
	kappa 0,8			



## DUPLEX A. RENAL

### Correlación duplex / Renograma isotópico

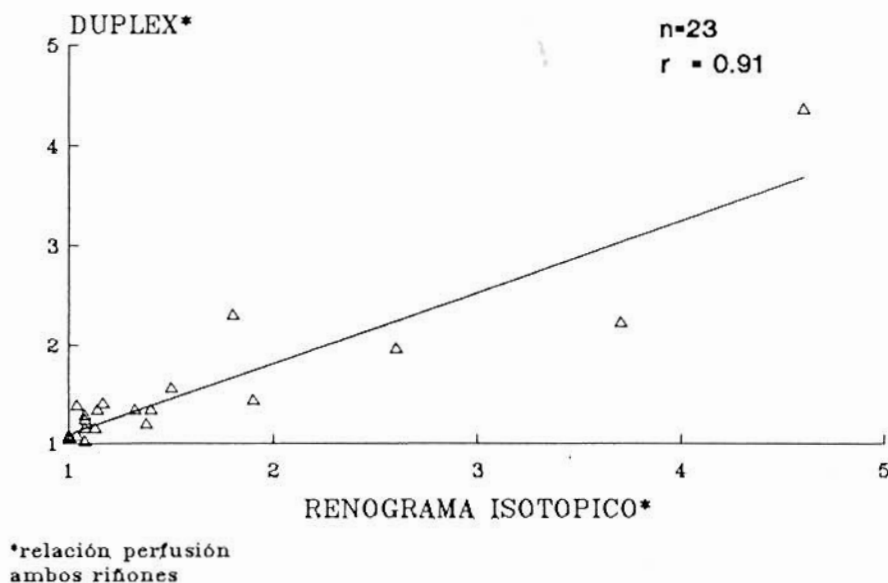


Fig. 4 - Gráfico de regresión renograma isotópico / Doppler a. interlobares.  
Descripción en el texto.

## Discusión

La detección y ulterior corrección de estenosis de la a. renal tiene dos implicaciones terapéuticas fundamentales: el tratamiento de la hipertensión de origen vasculo-renal y la preservación de la función renal (8).

Creemos que el diagnóstico precoz de las lesiones de origen arterioscleroso o por displasia fibromuscular es de suma importancia dado su potencial evolutivo. Así, **Schereiber** y cols. (9), realizando arteriografías seriadas en 85 pacientes con estenosis de la a. renal de origen arterioscleroso, durante un período medio de seguimiento de 52 meses, encontraron una progresión de las lesiones en 37 pacientes (44%), especialmente en aquellos casos con estenosis >75 %, produciéndose la oclusión en 14 de ellos.

Por otra parte, se ha demostrado el progresivo deterioro de la función renal, a pesar del control farmacológico de la hipertensión en estos pacientes (10).

Diversos autores han demostrado la utilidad del Duplex para identificar la existencia de estenosis de la a. renal. **Avasthi** y cols. (11) consiguieron una sensibilidad del 83 % y una especificidad del 73 % en la detección de estenosis >50 % utilizando como criterios diagnósticos una Vs máx >100 cm/s, ausencia de flujo diastólico y turbulencias a nivel de la a. renal. **Kohler** y cols. (12) y **Taylor** y cols. (4), basándose en una relación aorto-renal (RAR) >3,5 para discriminar entre estenosis <60% y >60%, obtuvieron sensibilidades del 84 % y 91 % y especificidades del 95 % y 97 %, respectivamente. **Hansen** y cols. (7), utilizando una Vs máx >200 cm/s y una RAR > 3,5 como criterios de estenosis >60 %, no encontraron diferencias entre estos dos parámetros en cuanto a su valor predictivo, obteniendo una sensibilidad del 80 % y especificidad del 99 %.

Nuestros criterios (Vs max >210 cm/s, RAR > 3,5) y resultados

(S=89,5 %, E=90,7 %) concuerdan con los de los autores anteriormente citados.

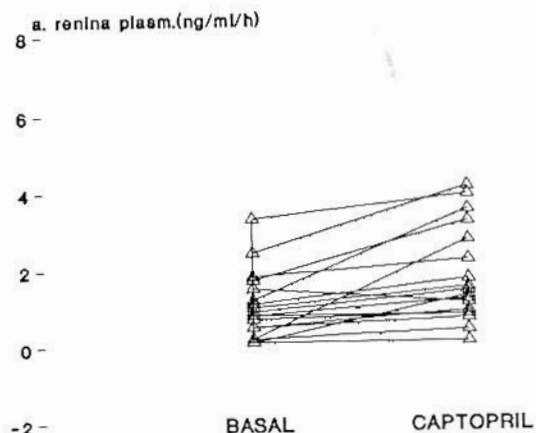
Es de destacar como posibles limitaciones del método un porcentaje de exploraciones técnicamente inadecuadas, que oscila entre el 4 % y 10 % según los autores (4, 7, 12), así como la práctica imposibilidad de detectar la presencia de a. polares.

El renograma isotópico es una técnica habitual para valorar la perfusión renal relativa (contribución al flujo plasmático renal total de ambos parénquimas). Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que la relación entre las Vsist máx del registro Doppler a nivel de las a. interlobares de ambos riñones puede ser una alternativa fiable en la detección del grado de isquemia renal.

La introducción de los inhibidores del enzima convertidor de la angiotensina ha generalizado la determinación de la actividad de renina plasmática tras la administración de captopril para identificar el origen vasculo-renal de la HTA. En estos pacientes se produce una hipersecreción de renina anormalmente elevada como respuesta a la administración del fármaco (13). **Muller** y cols. (5), refieren una sensibilidad del 100 % y especificidad del 95 % en 56 pacientes con función renal normal e HTA de origen vasculo-renal comprobado mediante arteriografía, diferencia veno-arterial de reninas selectivas y/o disminución de las cifras tensionales tras revascularización renal (14).

La supresión del sistema renina-angiotensina con captopril en pacientes con HTA secundaria a estenosis de la a. renal produce una disminución en la captación del DTPA en el riñón homolateral a la estenosis como consecuencia de la caída en el filtrado glomerular. **Geyskes** y cols. (6), refieren una sensibilidad del 100 % en la utilización de gammagrafía renal con captopril en casos

## RENINA Captopril negativo



## RENINA captopril positivo

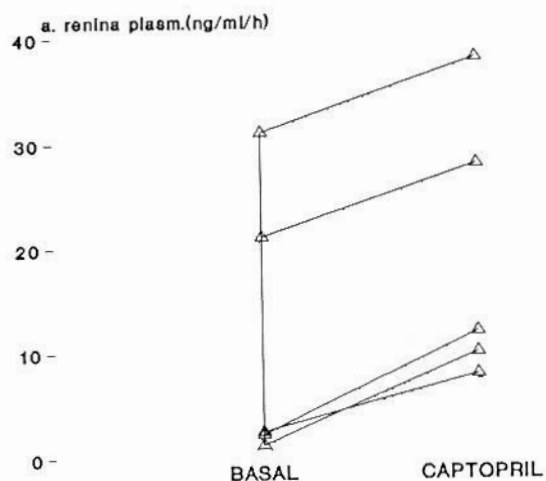
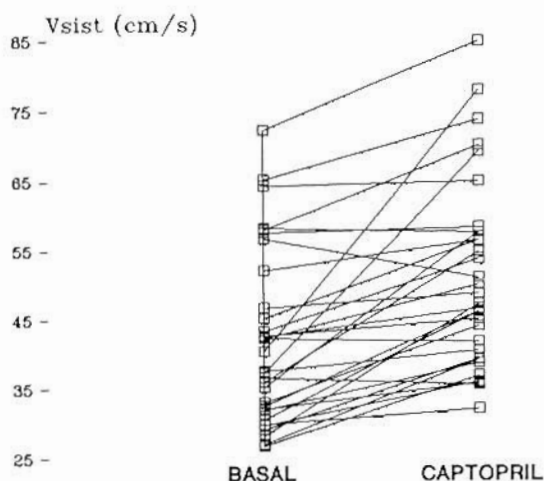


Fig. 5 - Arriba: actividad de renina plasmática basal y post-captopril en el grupo de pacientes con resultado negativo en el «test» del captopril para el renograma isotópico.

Abajo: actividad de renina plasmática basal y post-captopril en el grupo de pacientes con resultados positivos en el «test» del captopril para el renograma isotópico.

## DUPLEX RENAL (Captopril negativo)



## DUPLEX RENAL (captopril positivo)

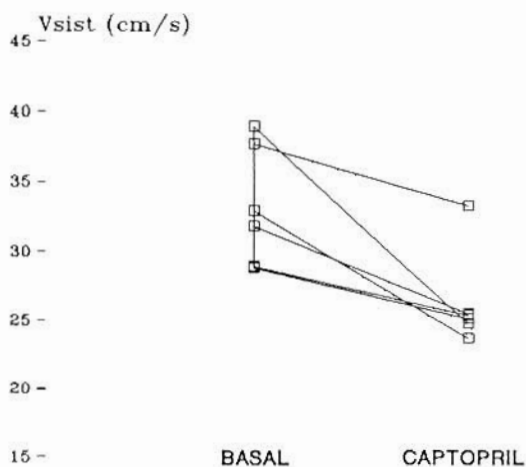


Fig. 6 - Arriba: Vsist máx en a. interlobares basal y post-captopril en el grupo de pacientes con resultado negativo en el «test» del captopril para el renograma isotópico.

Abajo: Vsist máx en a. interlobares basal y post-captopril en el grupo de pacientes con resultado positivo en el «test» del captopril para el renograma isotópico.

seleccionados con estenosis unilateral. **Meier** y cols. (15) destacan su valor predictivo en aquellos pacientes sometidos a revascularización quirúrgica o con angioplastia transluminal. No obstante, al igual que en la determinación de la actividad de renina plasmática, sus resultados son inciertos en los casos de este-

nosis bilateral o función renal alterada (14, 16).

En nuestra serie (23 pacientes con TA diastólica > 100 mmHg y estenosis de la a. renal > 60%), obtuvimos resultados positivos simultáneamente con estos dos métodos en tan solo 5 pacientes (4 casos de estenosis unilateral y un caso de este-

nosis bilateral), tratándose en todos ellos de lesiones muy severas. Estos resultados confirman la necesidad de demostrar la etiología vasculorenal en los casos de HTA con estenosis de la a. renal. Su simple asociación no permite inducir una relación causa-efecto entre ambas entidades.

No hemos encontrado antecedentes en la literatura consultada sobre la utilización conjunta del «test» del captopril y Duplex renal. Si bien es necesario estudiar un número mayor de pacientes para establecer conclusiones definitivas, creemos que los resultados presentados sugieren que la disminución de la resistencia vascular renal inducida por el captopril en los pacientes con HTA vásculo-renal produce una disminución en el flujo arterial distalmente a la estenosis y que ésta puede ser detectada a través del descenso en la  $V_{sist}$  máx en la a. interlobares del riñón homolateral a la estenosis.

En **conclusión**, creemos que el Duplex renal presenta una buena correlación con la arteriografía en la detección de estenosis de la a. renal y con el renograma isotópico en la valoración de la perfusión del parénquima, permitiendo una selección más estricta en la indicación de estas técnicas diagnósticas. El Duplex renal asociado al «test» del captopril puede suponer una alternativa en la identificación de pacientes con HTA vásculo-renal, si bien son necesarios más estudios para determinar su valor pronóstico.

## BIBLIOGRAFIA

1. STANLEY, J. C.; ERNST, C. B.; FRY, W. J. (Eds.): «Renovascular Hypertension», Philadelphia, W. B. Saunders Company, 1984.
2. KAPLAN, N. M.: Renal vascular hypertension. En: Kaplan N. M. (Eds.): «Clinical Hypertension», 4th Ed. Baltimore, Williams & Wilkins Co., 1986; 317-44.
3. GRIM, C. E.; LUFT, F. C.; WEINBERGER, M. H.: Sensitivity and specificity of screening tests for renal vascular hypertension. «Ann. Intern. Med.», 91: 617-22, 1979.
4. TAYLOR, D. C.; KETTLER, M. D.; MONETA, G. L.; KOHLER, T. R.; KAZMERS, A.; BEACH, K. W.; STRANDNESS, D. E., Jr.: Duplex ultrasound scanning in the diagnosis of renal artery stenosis: A prospective evaluation. «J. Vasc. Surg.», 7: 363-9, 1988.
5. MULLER, F. B.; SEALEY, J. E.; CASE, D. B.; ATLAS, S. A.; PICKERING, T. G.; PECKER, M. S.; PREIBISZ, J. T.; LARAGH, J. H.: The Captopril test for identifying renovascular disease in hypertensive patients. «Am. J. Med.», 80: 633-43, 1986.
6. GEYSKES, G. G.; OEI, H. Y.; PUYLAERT, C. B. A.; DORHOUT MEES, E. J.: Renovascular hypertension identified by Captopril-induced changes in the renogram. «Hypertension», 9: 451-8, 1987.
7. HANSEN, K. J.; TRIBBLE, R. W.; REAVIS, S. W.; CANZANELLO, V. J.; CRAVEN, T. R.; PLONK, G. W.; DEAN, R. H.: Renal duplex sonography: Evaluation of clinical utility. «J. Vasc. Surg.», 12: 227-36, 1990.
8. YING, C. Y.; TIFFT, C. P.; GAVRAS, H.; CHOBANIAN, A. V.: Renal revascularization in the azotemic hypertensive patient resistant to therapy. «N. Engl. J. Med.», 311: 1070-1075, 1984.
9. SCHREIBER, M. J.; POHL, M. A.; NOVICK, A. C.: The natural history of atherosclerotic and fibrous renal artery disease. «Urol. Clin. North. Am.», 1: 382-92, 1984.
10. DEAN, R. H.; KIEFFER, R. W.; SMITH, B. M.; OATES, J. A.; NADEAU, J. H. J.; HILLIFIELD, J. W.; DUPONT, W. D.: Renovascular hypertension: Anatomic and renal function changes during drug therapy. «Arch. Surg.», 116: 1408-15, 1981.
11. AVASHI, P. S.; VOLYLES, W. F.; GREENE, E. R.: «Noninvasive diagnosis of renal artery stenosis by Echo-Doppler velocimetry. «Kidney Int.», 25: 824-9, 1984.
12. KOHLER, T. R.; ZIERLER, E.; MARTIN, R. L.; NICHOLLS, S. C.; BERGELIN, R. O.; KAZMERS, A.; BEACH, K. W.; STRANDNESS, D. E., Jr.: Noninvasive diagnosis of renal artery stenosis by ultrasonic Duplex scanning. «J. Vasc. Surg.», 4: 450-6, 1986.
13. KOLLEMBERG, N. K.: Renal hemodynamics in Essential and renovascular Hypertension. «Am. J. Med.», May; 22-8, 1984.
14. THIBONNIER, M.; JOSEP, A.; SASANO, P.; GUYENNE, T. T.; CORVOL, P.; RAYNAUD, A.; SEUROT, M.; GAUX, J. C.: Improved diagnosis of unilateral renal artery lesions after Captopril administration. «JAMA», 251: 56-60, 1984.
15. MEIER, G. H.; SUMPIO, B.; BLACK, H. R.; GUSBERG, R. J.: Captopril renal scintigraphy - An advance in detection and treatment of renovascular hypertension. «J. Vasc. Surg.», 11: 770-7, 1990.
16. SFAKIANAKIS, G. N.; BOURGOIGNIC, J. J.; JAFFE, D.; KYRIAKIDES, G.; PEREZ-STABLE, E.; DUNCAN, R. C.: Single-dose captopril scintigraphy in the diagnosis of renovascular hypertension. «J. Nuc. Med.», 28: 1382-92, 1987.