

# Valoración del flujo sanguíneo portal, en niños sanos, mediante ecografía Doppler duplex

A.M. López Barrio\*, M.A. de Palma Gastón\*, J. Muñoz Conde\*\*

**Resumen.** Se analizan los parámetros de tamaño y flujo sanguíneo de la vena porta, así como el índice de resistencia de la arteria hepática, obtenidos en 82 niños sanos mediante ecografía Doppler duplex. De los resultados obtenidos observamos que todos los parámetros de tamaño y flujo sanguíneo de la vena porta aumentan con la edad, peso y altura del niño, siendo mayor la correlación con el peso y altura que con la edad. No hallamos diferencias entre varones y mujeres ni tampoco variación del índice de resistencia de la arteria hepática con la edad, peso o altura.

*An Esp Pediatr 1996;44:45-49.*

**Palabras clave:** Ultrasonidos; Ecografía Doppler duplex; Flujo sanguíneo portal.

## EVALUATION OF PORTAL BLOOD FLOW IN HEALTHY CHILDREN BY USING DUPLEX DOPPLER ULTRASOUND

**Abstract:** We have measured the dimensions and blood flow of the portal vein, as well as the resistance rate of the hepatic artery in eighty-two healthy children by using Duplex Doppler Echography. From the data obtained, we have observed that the parameters of size and blood flow of the portal vein increase with the age, weight and height of the child, with a greater correlation with weight and height than with age. We did not observed any difference between males and females nor any variation in the resistance rate of the hepatic artery with age, weight or height.

**Key words:** Ultrasound; Duplex Doppler Echography; Portal blood flow.

\* Trabajo realizado con una Ayuda a la Investigación de la Fundación Heinz Koch.

\*Servicio de Radiodiagnóstico. \*\*Sección de Gastroenterología. Hospital Infantil Universitario «Virgen del Rocío». Sevilla.

Correspondencia: A.M. López Barrio.

Avda. Reina Mercedes 25, 2º C, 41012 Sevilla.

Recibido: Julio 1994

Aceptado: Mayo 1995

## Introducción

La primera investigación de la naturaleza del efecto Doppler fue realizada hace aproximadamente 160 años por Christian Andreas Doppler, tomando el efecto su nombre. Comprobó que cuando una onda de la naturaleza que sea incide sobre un objeto en movimiento, la onda reflejada cambia su frecuencia de una forma proporcional a la velocidad del objeto reflector.

Basándose en este efecto Doppler, la técnica diagnóstica se realiza mediante una sonda que emite ondas ultrasónicas en dirección a un vaso sanguíneo, al llegar las ondas al interior de éste y rebotar en los corpúsculos hemáticos, éstas retornan con un cambio de frecuencia que está en directa relación con la velocidad de la sangre y el ángulo de incidencia del haz ultrasónico.

Una descripción cuantitativa de este efecto Doppler es proporcionada por la siguiente fórmula:

$$F_d = F - F_0 = \frac{2 \times F_0 \times V \times \cos\theta}{c}$$

En donde:  $F_d$  = Cambio de frecuencia

$F$  = Frecuencia de emisión

$F_0$  = Frecuencia de recepción

$V$  = Velocidad de la sangre

$\cos\theta$  = Coseno del ángulo de incidencia

$c$  = Velocidad del ultrasonido en el cuerpo humano

Por lo tanto, conociendo el cambio de frecuencia que experimenta la onda ultrasónica, podemos calcular la velocidad de la sangre, hecho que explica la utilidad del efecto Doppler en el diagnóstico médico.

$$V = \frac{F_d \times c}{2 \times F_0 \times \cos\theta}$$

La ecografía Doppler duplex es la asociación en un mismo aparato de la ecografía bidimensional en tiempo real y el Doppler<sup>(1-13)</sup>.

## Material y métodos

### 1. Población infantil estudiada

Hemos realizado en el Servicio de Radiodiagnóstico del Hospital Infantil perteneciente al Hospital Universitario «Virgen del Rocío» de Sevilla 82 exploraciones ecográficas Doppler duplex en otros tantos niños, con edades entre 2 días y 12 años. El

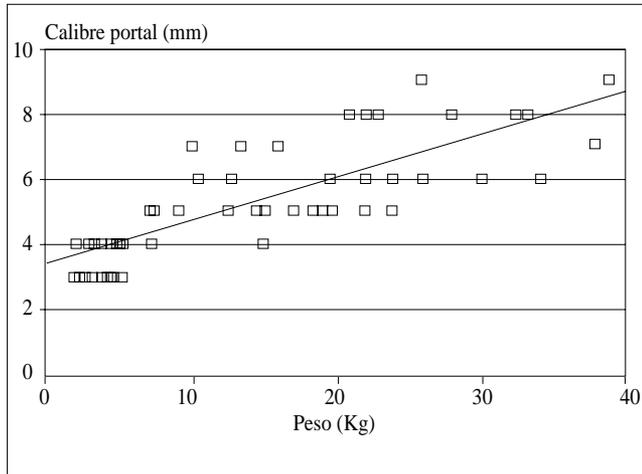


Figura 1.

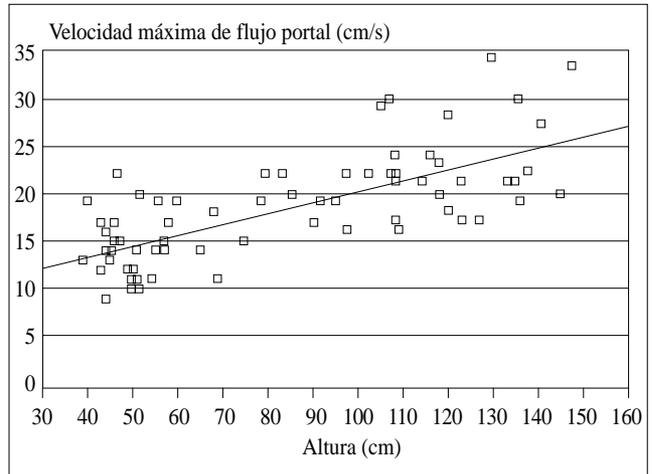


Figura 2.

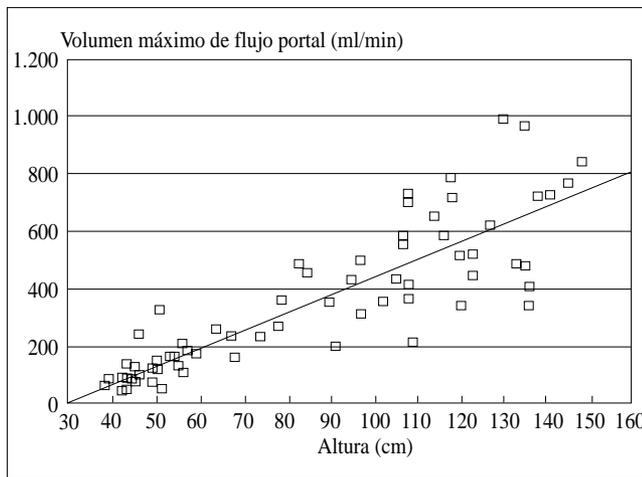


Figura 3.

peso estuvo comprendido entre 1,56 y 39 kg y la altura, entre 38 y 148 cm. Fueron 38 varones y 44 mujeres.

Se trata de niños sanos, o al menos sin patología abdominal o sistémica que pueda influir, aunque sea muy indirectamente, en la circulación abdominal en general o hepática en particular. Ninguno tenía evidencia clínica de enfermedad hepática o intestinal y todos presentaron una ecografía abdominal normal.

## 2. Instrumentación y equipamiento

Para la realización de todas las exploraciones con ecografía Doppler duplex, hemos utilizado un equipo ultrasónico sectorial electrónico marca Toshiba, modelo Sonolayers-S SSH-60A, con una sonda de 5 MHz para la ecografía convencional y de 1,5 MHz para la ecografía Doppler.

## 3. Técnica de estudio ecográfico con Doppler

Hemos realizado la exploración en supino, con los niños ma-

yores en ayunas, los neonatos y lactantes saltándose una toma de alimento y procurando que tuvieran una respiración tranquila.

Los vasos insonados han sido:

- La vena porta en un tramo intermedio (tronco portal) entre la unión de las venas mesentérica superior y esplénica y la bifurcación portal, por medio de un corte ecográfico anterior paramedial derecho, con un plano sagital oblicuo a fin de conseguir un ángulo de incidencia entre el haz ultrasónico y la dirección del flujo sanguíneo de alrededor de 60°.

- La arteria hepática, del mismo modo y al mismo nivel donde insonamos la vena porta, en situación anterior a ésta, cuando la arteria hepática cruza a la porta.

Hemos utilizado un volumen de muestra de 1 mm (en ocasiones de 2 mm), una baja frecuencia de repetición de pulsos (PRF) y un bajo filtro de pared (50-100 Hz).

## 4. Análisis de la imagen ecográfica

En la misma zona donde insonamos la vena porta, es decir, en el tronco portal, se han tomado los siguientes parámetros de tamaño de la vena porta:

- Calibre portal (mm)
- Área seccional portal (mm<sup>2</sup>)
- Perímetro portal (mm)

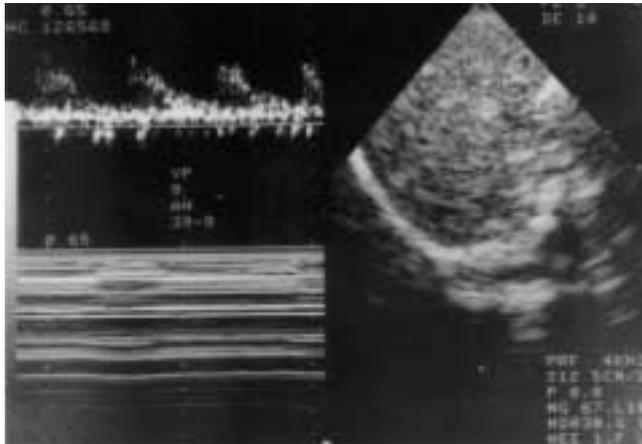
## 5. Análisis de la señal Doppler

Se han obtenido los siguientes datos y parámetros de flujo sanguíneo:

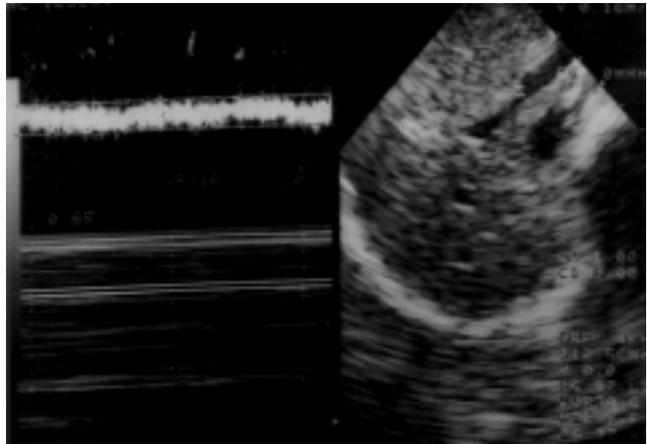
- Velocidad de flujo sanguíneo portal (cm/s): el cálculo de la velocidad máxima lo realiza directamente nuestro equipo, por aplicación de la ecuación Doppler. La velocidad media se obtiene, como ha demostrado Ohnishi experimentalmente, multiplicando la velocidad máxima por 0,57.

- Variación de la velocidad de flujo sanguíneo portal con la respiración.

- Volumen de flujo sanguíneo portal (ml/min): se calcula



**Figura 4.** Flujos sanguíneos en la vena porta y en la arteria hepática (hepatópetos) tomados en un niño prematuro de 25 días de vida y 2.080 g de peso, sano. El flujo sanguíneo de la vena porta presenta una velocidad de 9 cm/s y una ausencia de fluctuaciones respiratorias.



**Figura 5.** Flujo sanguíneo portal normal en un niño sano de 7 años.

multiplicando la velocidad (máxima o media) por el área seccional (en  $\text{cm}^2$ ) y por 60.

- Índice de congestión portal (cm x s): se obtiene dividiendo el área seccional (en  $\text{cm}^2$ ) por la velocidad (máxima o media).

- Índice de resistencia de la arteria hepática: se calcula restando a la velocidad de pico sistólico la velocidad al final de la diástole y dividiendo el resultado por la velocidad de pico sistólico.

## 6. Métodos informáticos y estadísticos

Hemos utilizado el programa de bioestadística Sigma, realizando test estadísticos de correlación, estadística básica y de comparación de medias.

## Resultados

Todos los parámetros del tamaño y flujo sanguíneo de la vena porta, así como el índice de resistencia de la arteria hepática, los hemos correlacionado con la edad, peso y altura. Igualmente hemos realizado una comparación de estos parámetros en razón al sexo.

De los resultados obtenidos, observamos que existe una correlación lineal positiva estadísticamente significativa de todos los parámetros de tamaño y flujo sanguíneo de la vena porta al aumentar tanto la edad como el peso o la altura, siendo mayor el coeficiente de correlación con el peso y la altura que con la edad (Fig. 1, 2, 3).

En los niños de menos de 5 kg, el calibre osciló entre 3-4 mm, la velocidad de flujo máxima entre 7-22 cm/s (velocidad media, 4-12 cm/s), el volumen de flujo máximo entre 40-324 ml/min (volumen medio, 23-184 ml/min) y el índice de congestión máximo entre 0,002-0,022 cm x seg (índice de congestión medio, 0,004-0,039 cm x sg). En varios niños prematuros hemos observado una baja velocidad de flujo sanguíneo portal, así como au-



**Figura 6.** Flujo sanguíneo en la arteria hepática del mismo niño de la figura 5.

sencia de la normal modulación respiratoria de la velocidad (Fig. 4).

En los niños entre 5 kg y menos de 15 kg, el calibre fluctuó entre 4-7 mm, la velocidad máxima de flujo, entre 11-22 cm/s (velocidad media, 6-12 cm/s), el volumen máximo de flujo, entre 84-488 ml/min (volumen medio, 48-277 ml/min) y el índice de congestión máximo, entre 0,007-0,021 cm x s (índice de congestión medio, 0,012-0,037 cm x s).

En el grupo entre 15 kg y menos de 24 kg, el calibre estuvo comprendido entre 4-8 mm, la velocidad máxima de flujo, entre 16-30 cm/s (velocidad media, 9-17 cm/s), el volumen máximo de flujo, entre 211-786 ml/min (volumen medio, 120-448 ml/min) y el índice de congestión máximo, entre 0,008-0,029 cm x s (índice de congestión medio, 0,014-0,052 cm x s) (Figs. 5 y 6).

En el grupo entre 24 kg y 40 kg, el calibre osciló entre 6-9 mm, la velocidad máxima de flujo entre 17-34 cm/s (velocidad media, 10-19 cm/s), el volumen máximo de flujo entre 319-957 ml/min (volumen medio, 181-547 ml/min) y el índice de con-

gestión máximo, entre 0,013-0,036 cm x s (índice de congestión medio, 0,022-0,063 cm x s).

En cuanto al sexo, no encontramos diferencias significativas en los parámetros de tamaño y flujo sanguíneo portal entre varones y mujeres.

El índice de resistencia de la arteria hepática no muestra correlación estadísticamente significativa con la edad, peso o altura, oscilando su valor entre 0,48-0,87. Tampoco hemos observado diferencias en cuanto al sexo.

## Discusión

La ecografía Doppler duplex es un medio excelente para el estudio del sistema venoso portal tanto desde el punto de vista de su morfología como de su hemodinámica, ya que nos proporciona la capacidad de obtener imágenes en tiempo real de sus principales estructuras vasculares, así como de obtener información, cualitativa y cuantitativa, sobre su flujo sanguíneo en cualquier lugar que se desee del mismo.

Si a lo anteriormente expuesto añadimos que se trata de un método de fácil realización, muy bien tolerado por parte del paciente, que no requiere el uso de contraste, que no es irradiante ni invasivo, además de bajo coste económico, y que el niño es un sujeto ideal para esta exploración debido a su escasa cantidad de tejido adiposo, podemos comprobar que se trata de un procedimiento diagnóstico idóneo para la infancia.

El lugar anatómico donde realizamos la insonación de la vena porta y de la arteria hepática es muy importante a tener en cuenta, ya que si efectuamos la insonación en otro lugar (por ejemplo, en una rama portal), los parámetros de flujo sanguíneo varían considerablemente. También es importante realizar el estudio bajo condiciones uniformes, es decir, en supino, con los neonatos y lactantes saltándose una toma de alimento y los niños mayores en ayunas, debido a que el flujo venoso portal normal varía en un mismo individuo en determinadas condiciones fisiológicas, aumentando después de comer y disminuyendo tras el ejercicio físico y con la posición erecta<sup>(5,8,13-17)</sup>.

El flujo sanguíneo portal normal es un flujo continuo, ligeramente turbulento, de baja velocidad, con un perfil de velocidad muy próximo a ser parabólico y con una modulación respiratoria que se manifiesta por un aumento de la velocidad de flujo en la inspiración.

Aunque también existe una variación fisiológica en individuos normales del calibre portal durante la respiración, con aumento en la inspiración y disminución en la espiración<sup>(9,15,18)</sup>, intentar medir en niños la vena porta en inspiración y espiración no es posible la mayoría de las veces, por lo que hemos optado por realizar las mediciones cuando los niños mantuviesen una respiración tranquila, evitando que estuviesen llorando o agitados.

La velocidad media la hemos obtenido por la ecuación:  $V_{media} = 0,57 \cdot V_{máxima}$ . El coeficiente 0,57 es la relación entre la velocidad media portal y la velocidad máxima obtenida por estudios experimentales realizados por Moriyasu y Ohnishi<sup>(4,6,19,20)</sup>.

En nuestro trabajo hemos observado que existe una modificación de todos los parámetros de tamaño y flujo sanguíneo de la vena porta (calibre, área seccional, perímetro, velocidad y volumen de flujo e índice de congestión) con la edad, peso y altura. Esta modificación se traduce en un aumento lineal fisiológico de todos estos parámetros al aumentar tanto la edad, como el peso o la altura, siendo mayor esta correlación con el peso y la altura que con la edad. En cambio no hemos hallado modificación en razón del sexo.

En la literatura se encuentran pocos precedentes bibliográficos que aporten datos sobre los parámetros de tamaño y flujo sanguíneo portal en niños sanos. Dos de ellos han sido publicados por Patriquin, aportando en uno de ellos un único dato referido a la velocidad máxima portal, estimándola entre 10 y 30 cm/s en niños sin ayuno previo y sin referir datos sobre la edad, peso, altura o sexo ni valorar otros parámetros de flujo portal<sup>(17)</sup>. En el otro trabajo estudia solamente el calibre portal y lo correlaciona con la edad, peso y sexo, pero no con la altura, encontrando, al contrario que nosotros, una mejor correlación lineal con la edad que con el peso y, como nosotros, poca diferencia entre varones y mujeres<sup>(21)</sup>. Los valores que obtiene de calibre portal son similares a los hallados por nosotros. En otro trabajo, Vergesslich obtiene una buena correlación del volumen de flujo sanguíneo portal con la edad, no estudiando la correlación con otros parámetros somáticos<sup>(22)</sup>.

En cambio, en el adulto los parámetros normales del tamaño y flujo sanguíneo portal son mejor conocidos, existiendo más publicaciones sobre el tema. Niederau halla un significativo aumento del calibre portal al aumentar la edad y el peso, siendo mayor en varones que en mujeres<sup>(23)</sup>. Ackroyd encuentra aumento del calibre y del volumen de flujo portal no sólo al aumentar el peso, sino también al incrementarse la altura<sup>(8)</sup>.

En adultos, el valor normal para el calibre portal oscila entre  $11 \pm 2$  mm<sup>(8,9,18,23-26)</sup>. En cuanto a la velocidad media, Moriyasu publica unos valores normales en adultos en ayunas de  $15 \pm 4$  cm/s, para el volumen medio de  $899 \pm 284$  ml/min, y para el índice de congestión medio, de  $0,070 \pm 0,029$  cm x sg<sup>(27)</sup>. Los valores normales en adultos, también en ayunas, obtenidos por Ohnishi son de velocidad media  $16,5 \pm 4,9$  cm/s y de volumen medio  $648 \pm 186$  ml/min<sup>(5)</sup>.

Como podemos ver, los valores en adultos del tamaño y flujo sanguíneo portal aportados por estos autores son superiores a los obtenidos por nosotros en niños, probablemente debido al mayor peso y altura de los adultos.

Para finalizar el comentario sobre los valores normales de los parámetros de flujo sanguíneo portal, pondremos de relieve un dato que nos ha llamado la atención al considerar la variación respiratoria y los valores de los parámetros de flujo portal en niños prematuros. Hemos observado que muchos de estos niños tienen un flujo portal de baja velocidad y con ausencia de la normal modulación respiratoria de velocidad (aumento en inspiración), por lo que podría existir un cierto grado de hipertensión portal fisiológica en los prematuros, quizá debido a que el hígado es un gran foco de hematopoyesis extramedular en estos

niños.

Con respecto al índice de resistencia de la arteria hepática, no hemos hallado variación fisiológica estadísticamente significativa con la edad, peso o altura, no encontrando precedentes bibliográficos sobre el mismo. El conocimiento de los valores normales de estos parámetros de tamaño y flujo sanguíneo portal cobra especial valor en el estudio de pacientes con enfermedad hepática, especialmente con hipertensión portal, donde principalmente se produce un aumento del calibre y del índice de congestión portal y una disminución de la velocidad de flujo, así como en la valoración de aquellos pacientes candidatos a trasplante hepático<sup>(5,6,9,13,18,22,27-30)</sup>.

## Bibliografía

- 1 Kremkau FW. Doppler ultrasound: principles and instruments. Philadelphia: W.B. Saunders Co. 1990.
- 2 Taylor KJW, Holland S. Doppler VS. Basic principles, instrumentation and pitfalls. *Radiology* 1990;**174**:297-307.
- 3 Taylor KJW, Burns PN, Woodcock JP, Wells PNT. Blood flow in deep abdominal and pelvic vessels: ultrasonic pulsed-Doppler analysis. *Radiology* 1985;**154**:487-493.
- 4 Ohnishi K, Saito M, Koen H, Nakayama T, Nomura F, Okuda K. Pulsed Doppler flow as a criterion of portal venous velocity: comparison with cineangiographic measurements. *Radiology* 1985;**154**:495-498.
- 5 Ohnishi K, Saito M, Nakayama T y cols. Portal venous hemodynamics in chronic liver disease: effects of posture change and exercise. *Radiology* 1985;**155**:757-761.
- 6 Ohnishi K, Saito M, Sato S y cols. Portal hemodynamics in Idiopathic Portal Hypertension (Banti's Syndrome). *Gastroenterology* 1987;**92**:751-758.
- 7 Ohnishi K, Saito M, Sato S y cols. Direction of splenic venous flow assessed by pulsed Doppler flowmetry in patients with a large spleno-renal shunt. *Gastroenterology* 1985;**89**:180-185.
- 8 Ackroyd N, Gill R, Griffiths K, Kossoff G, Reeve T. Duplex scanning of the portal vein and portasystemic shunts. *Surgery* 1986;**90**:591-597.
- 9 Hill MC, Dach JL, Shawker TH. Ultrasonography in portal hypertension. *Clinics in Gastroenterology* 1985;**14**:83-104.
- 10 Becker CD, Cooperberg PL. Sonography of the hepatic vascular system. *AJR* 1988;**150**:999-1005.
- 11 Burns P, Taylor K, Blei AT. Doppler flowmetry and portal hypertension. *Gastroenterology* 1987;**92**:824-826.
- 12 Alpern MB, Rubin JM, Williams DM, Capek P. Porta hepatis: Duplex Doppler US with angiographic correlation. *Radiology* 1987;**162**:53-56.
- 13 White EM, Choyke PL. Duplex sonography of the abdomen. En: Grant EG, White EM (eds). Duplex Sonography. New York: Springer-Verlag, 1988; 129-176.
- 14 Gill RW, Kossoff G, Griffiths KA y cols. Portal and splenic circulation studied by Doppler ultrasound. *J Ultrasound Med* 1983;**2**:56-61.
- 15 Bolondi L, Gandolfi L, Arienti V y cols. Ultrasonography in the diagnosis of portal hypertension: diminished response of portal vessels to respiration. *Radiology* 1982;**142**:167-172.
- 16 Bellamy EA, Bossi MC, Cosgrove DO. Ultrasound demonstration of changes in the normal portal venous system following a meal. *Br J Radiol* 1984;**57**:147-149.
- 17 Patriquin H, Lafortune M, Burns P, Dauzat M. Duplex Doppler examination in portal hypertension: technique and anatomy. *AJR* 1987;**149**:71-76.
- 18 Bolondi L, Mazzioti A, Arienti V y cols. Ultrasonographic study of portal venous system in portal hypertension and after portosystemic shunt operations. *Surgery* 1984;**95**:261-269.
- 19 Ohnishi K. Doppler flowmetry and portal hypertension. *Gastroenterology* 1988;**94**:1242-1246.
- 20 Moriyasu F, Tamada T, Miyake T y cols. Ultrasonic Doppler Duplex study of hemodynamic changes from portosystemic shunt operation. *Ann Surg* 1987;**205**:151-156.
- 21 Patriquin HB, Perreault G, Grignon A y cols. Normal portal venous diameter in children. *Pediatr Radiol* 1990;**20**:451-453.
- 22 Vergesslich KA, Götz M, Mostbeck G, Sommer G, Pohlhold W. Portal venous blood flow in cystic fibrosis: assessment by Duplex Doppler sonography. *Pediatr Radiol* 1989;**19**:371-374.
- 23 Niederau C, Sonnenberg A, Müller JE, Erckenbrecht JF, Scholten T, Fritsch WP. Sonographic measurements of the normal liver, spleen, pancreas and portal vein. *Radiology* 1983;**149**:537-540.
- 24 Mittelstaedt CA. Ecografía abdominal. 1ª edición. Barcelona: Ediciones Dogma S.A. 1989.
- 25 Weinreb J, Kumari S, Phillips G y cols. Portal vein measurements by realtime sonography. *AJR* 1982;**139**:497-499.
- 26 Ferreiros Domínguez J, Pedrosa CS. El hígado. En: Sánchez Alvarez Pedrosa C (ed). Diagnóstico por imagen. Madrid: Ed. Interamericana, 1987; 841-870.
- 27 Moriyasu F, Nishida O, Ban N y cols. Congestion Index of the portal vein. *AJR* 1986;**146**:735-739.
- 28 Miller VE, Berland LL. Pulsed Doppler Duplex sonography and CT of portal vein thrombosis. *AJR* 1985;**145**:73-76.
- 29 Taylor KJW, Carpenter DA. The anatomy and pathology of the portahepatis demonstrated by gray-scale ultrasonography. *J Clin Ultrasound* 1975;**3**:117-123.
- 30 Zoli M, Marchessini G, Cordiani MR y cols. Echo-Doppler measurement of splachnic blood flow in control and cirrhotic patients. *J Clin Ultrasound* 1986;**14**:429-435.