

MÉTODOS

Estudio de la permeabilidad de los injertos de arteria mamaria interna: utilidad de los ecopotenciadores para identificar la señal de flujo mediante ecocardiografía-Doppler color

Rubén Leta Petracca, Francesc Carreras, Xavier Borrás, Alfons Sualís y Guillem Pons Lladó

Departamento de Cardiología y Cirugía Cardíaca. Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Barcelona.

Objetivo. a) Estudiar la capacidad de la técnica Doppler color de alta frecuencia para identificar la señal de flujo de los injertos de arteria mamaria interna izquierda; b) valorar la utilidad de un ecopotenciador para facilitar la identificación de la señal, y c) evaluar la permeabilidad del injerto según el patrón del perfil de velocidades por Doppler pulsado.

Métodos. Se estudiaron 39 pacientes consecutivos. Se utilizó un equipo Hewlett-Packard 5500 con sonda de alta frecuencia (S12) aplicada a nivel paraesternal izquierdo alto. Si tras un período predeterminado (5 min) no se identificaba señal de flujo del injerto, se inyectaban por vía intravenosa 4 g de Levovist® (Schering, España) a 400 mg/ml. Según lo descrito en estudios previos, se consideró un injerto con permeabilidad normal el de perfil diastólico predominante, y alterada aquel de predominio sistólico.

Resultados. El flujo del injerto se identificó por Doppler color en 33/39 pacientes (85%). La adición de ecopotenciador en los 6 casos no visualizados aumentó la proporción a 38/39 (97%). Se apreció un patrón normal de velocidades en 34/38 (89%). Los 4 pacientes con patrón anormal presentaron infarto de miocardio (n = 1) o bien oclusión distal del injerto (n = 1) o flujo competitivo (n = 2) en el cateterismo.

Conclusiones. La técnica Doppler color de alta frecuencia permite detectar la señal de flujo de los injertos de mamaria en la mayoría de pacientes. La administración de un ecopotenciador facilita dicha detección en aquellos basalmente no visualizados. Un patrón anormal de la curva de velocidades determinada por Doppler pulsado es indicativo de disfunción del injerto.

Palabras clave: *Injerto coronario. Ecocardiografía. Contraste.*

(*Rev Esp Cardiol* 2000; 53: 189-193)

Assessment of the Internal Mammary Artery Graft Patency: Usefulness of Echo-Enhancer Agents to Identify the Flow Signal by Color Doppler Echocardiography

Objectives. a) To study the capacity of the technique of high-frequency color Doppler to detect flow signal of left internal mammary artery grafts; b) to assess the usefulness of an echo-enhancer agent to facilitate the detection of the signal, and c) to evaluate the patency of the graft according to its pulsed Doppler velocity profile pattern.

Methods. 39 consecutive patients were studied. A Hewlett-Packard 5500 echocardiograph was used, with a high-frequency probe (S12) applied at the high left parasternal border. When a graft signal was not elicited after a predetermined 5-minute check period, an intravenous dose of 4 g of Levovist® (Schering España) at 400 mg/ml was administered. According to previous studies, a pulsed Doppler flow profile with a predominantly diastolic pattern was considered a normal graft patency, while a systolic one was deemed as abnormal.

Results. Graft flow was identified by color Doppler in 33/39 patients (85%). The additional use of an echo-enhancer in 6 patients with no detected signal increased this proportion to 38/39 (97%). Normal flow patterns were seen in 34/38 (89%). Among the four patients with abnormal pattern, 1 case of early myocardial infarction was observed, while angiographic studies showed distal occlusion of the graft in 1 or the presence of competitive flow in 2 patients.

Conclusions. The high-frequency color Doppler technique allows the detection of a flow signal from internal mammary artery grafts in most patients. The administration of an echo-enhancer agent is useful in those with non detectable signals. An abnormal pulsed Doppler velocity pattern indicates graft malfunction.

Key words: *Bypass. Echocardiography. Contrast.*

(*Rev Esp Cardiol* 2000; 53: 189-193)

Correspondencia: Dr. F. Carreras.
Departamento de Cardiología. Hospital de la Santa Creu i Sant Pau.
P. Claret, 167. 08025 Barcelona.
Correo electrónico: fcarreras@hsp.santpau.es

Recibido el 15 de abril de 1999.

Aceptado para su publicación el 2 de julio de 1999.

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

AMI: arteria mamaria interna.

CEC: circulación extracorpórea.

DA: arteria coronaria descendente anterior.

VTI: integral velocidad-tiempo de la curva de velocidades máximas obtenida por Doppler.

RM: resonancia magnética.

INTRODUCCIÓN

La revascularización coronaria de la arteria descendente anterior con la arteria mamaria interna (AMI), mediante cirugía mínimamente invasiva y sin circulación extracorpórea¹ (CEC), es una técnica que se efectúa cada vez con mayor frecuencia. La AMI es un vaso que por su situación anatómica es relativamente fácil de localizar mediante ultrasonidos, hecho que ha permitido la utilización de la ecografía-Doppler por vía transtorácica^{2,3} como técnica diagnóstica para evaluar su permeabilidad y facilitar un seguimiento de los resultados quirúrgicos a corto y largo plazo. Mediante la técnica de Doppler pulsado por vía transtorácica es posible determinar las características del perfil de velocidad del flujo del injerto de AMI, habiéndose definido en estudios previos los patrones de funcionalismo del injerto arterial^{4,5}.

Sin embargo, esta técnica presenta como principal limitación, en algunos casos, la dificultad para localizar el injerto. Este hecho puede deberse a una situación anatómica anormal del injerto, especialmente en los casos en los que la desinserción del pedículo sea muy proximal y el injerto adopte un recorrido atípico, o bien a las limitaciones técnicas de los equipos ecocardiográficos. Aunque nuestro grupo ha demostrado que el injerto de AMI se puede localizar con éxito mediante una sonda Pedof, por Doppler pulsado a ciegas⁵, la utilización de sondas de ecocardiografía-Doppler de alta frecuencia ha facilitado su detección mediante Doppler color, al reducir el tiempo invertido en su localización y requerir una menor curva de aprendizaje, habiéndose comunicado la detección de flujo en el 70-80% de los pacientes estudiados en diferentes series^{4,6}. Por otra parte, la reciente introducción en el terreno clínico de los agentes ecopotenciadores ha permitido a los laboratorios de ecocardiografía disponer de un medio de contraste que, entre otras aplicaciones, permite aumentar de forma muy importante la amplitud de la señal Doppler e intensificar la imagen espectral y el Doppler color de los flujos con baja intensidad de señal^{7,8}.

Los objetivos del presente estudio son: *a*) estudiar la capacidad de la técnica Doppler color de alta frecuencia por vía transtorácica para identificar la señal de flujo de los injertos de AMI; *b*) valorar la utilidad de un ecopotenciador para facilitar la identificación de la señal en aquellos casos no visualizados de entrada, y *c*) evaluar la permeabilidad del injerto según el patrón del perfil de velocidades por Doppler pulsado, validados según estudios previos de nuestro grupo⁵ y otros.

PACIENTES Y MÉTODOS

Se estudiaron prospectivamente 39 pacientes sometidos a cirugía de revascularización coronaria en los

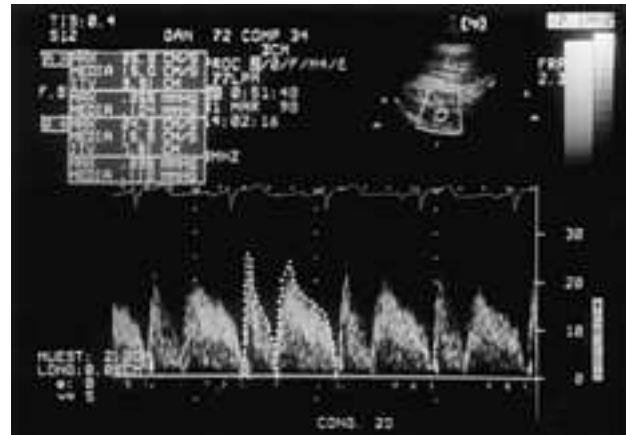


Fig. 1. Registro por Doppler pulsado de la curva de velocidades del flujo de un injerto de arteria mamaria interna (AMI) normofuncionante. Obsérvese cómo la integral (ITV) de la curva de velocidades máximas del componente diastólico del flujo (B) es superior a la del componente sistólico (A) (7,81 frente a 3,91 cm), indicando la existencia de una mayor cantidad de flujo en diástole, cuando las resistencias arteriales coronarias son más bajas.

que se había utilizado la AMI como injerto a la arteria descendente anterior (DA). El análisis de la señal Doppler se realizó en el período postoperatorio inmediato (5-10 días) utilizando un ecocardiógrafo Hewlett-Packard Sonos 5500 dotado de una sonda multibanda de alta frecuencia (S12) que se aplicaba en la región paraesternal izquierda situada en el tercer-cuarto espacio intercostal. Considerando la situación anatómica teórica del injerto de AMI pediculado, desinsertado y desplazado en su porción distal, y de acuerdo con los trabajos publicados^{4,6}, se efectuaba una búsqueda de la señal de flujo con Doppler color en situación parasternal izquierda en el segundo-tercer espacio intercostal, ajustando la profundidad del sector a un valor no superior a los 4-5 cm. Una vez localizada la señal de la AMI por Doppler color se colocaba el volumen de muestra del Doppler pulsado en el lugar donde se visualizaba el vaso y se analizaba su patrón de flujo, calibrando la escala de velocidades de la señal espectral al rango de valores habituales del flujo de la AMI anastomosada (20-60 cm/s).

De acuerdo con los estudios previos publicados en la literatura^{4,5} se consideró que un injerto de AMI era permeable y normofuncionante cuando se obtenía una curva de velocidad bimodal sistólica-diastólica con relación de la integral de velocidad-tiempo (VTI) de ambos componentes < 1 (fig. 1). Se consideró que el injerto era disfuncionante cuando la relación era > 1 (fig. 2).

En aquellos casos en los que tras 5 minutos de exploración con Doppler color no se conseguía localizar el injerto de AMI, se procedía a la administración por vía endovenosa del agente ecopotenciador Levovist® (Schering España, S.A.), sustancia compuesta por microburbujas de aire formadas a partir de una sus-

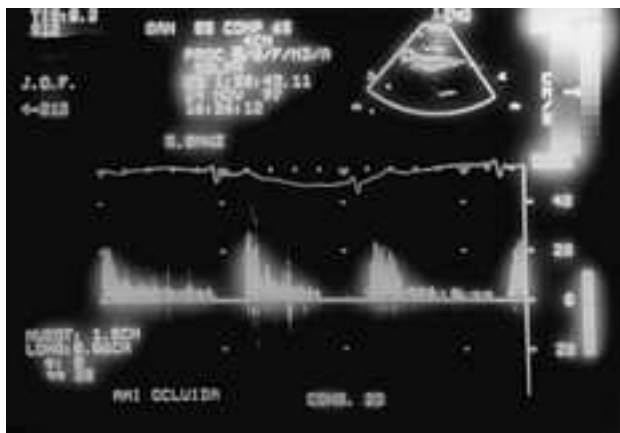


Fig. 2. Registro por Doppler pulsado de la curva de velocidades del flujo de un injerto de arteria mamaria interna (AMI) disfuncionante. La oclusión del injerto provoca que el patrón de la curva de velocidades del flujo sea básicamente sistólico, con un componente diastólico prácticamente anulado en este caso, ya que no existe comunicación con el árbol coronario.

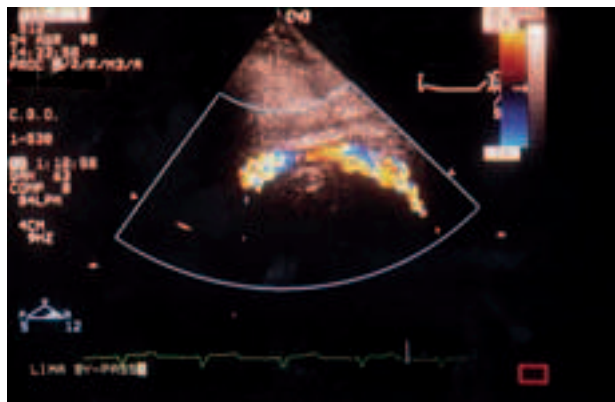


Fig. 3. Imagen característica de un injerto de arteria mamaria interna (AMI) obtenida por vía transtorácica mediante Doppler color de alta frecuencia tras la administración de un ecopotenciador. La utilización del mismo aumenta de forma significativa la intensidad de la señal.

presión de micropartículas de galactosa y ácido palmítico⁹. En todos los casos se utilizó una dosis de 4 g a una concentración de 400 mg/ml, administrada en forma de bolo durante un minuto.

RESULTADOS

De los 39 pacientes estudiados, en 33 (85%) se consiguió detectar la señal de flujo de la AMI sin necesidad de emplear ecopotenciador. En los 6 restantes (15%), tras 5 minutos de exploración ineficaz para detectar señal de flujo se procedió a administrar el ecopotenciador. De estos 6 pacientes, en 5 casos (83%) se consiguió localizar el injerto mediante Doppler color (fig. 3) y obtener una señal de flujo analizable en un lapso de tiempo no superior al minuto tras la inyección del ecopotenciador, mientras que en 1 paciente (17%) fue imposible localizarlo.

Considerando el total de pacientes del grupo estudiado, el ecopotenciador consiguió aumentar la capacidad de detección del injerto de AMI del 85 (n = 33) al 97% (n = 38), reduciéndose el porcentaje de no detectables del 15 (n = 6) al 3% (n = 1).

En los 38 pacientes con señal detectable se pudo registrar el perfil de velocidades por Doppler pulsado. En 34 pacientes (89%) el injerto demostraba un patrón normofuncionante. Respecto a los 4 pacientes (11%) portadores de injertos clasificados como disfuncionantes, uno de ellos presentó un infarto agudo de miocardio a las 24 h de la exploración y en los tres pacientes restantes se realizó coronariografía. La angiografía reveló oclusión distal del injerto en un paciente y flujo competitivo entre la arteria coronaria descendente anterior y el injerto en los otros dos pacientes.

En el único caso en el que no pudo obtenerse señal

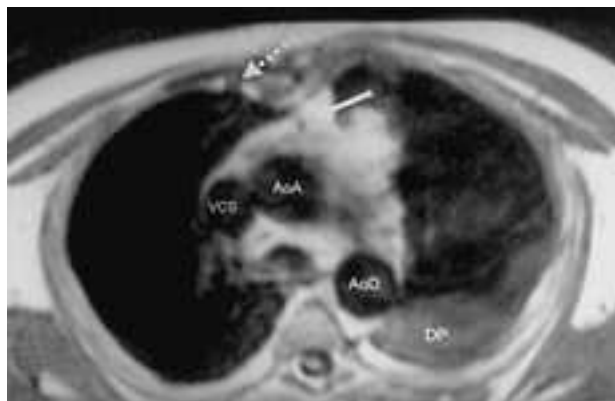


Fig. 4. Imagen de un plano torácico axial, prácticamente en el arco aórtico, obtenida mediante resonancia magnética con una secuencia *spin-echo* T1. Se trata de un paciente intervenido recientemente (obsérvese el derrame pleural izquierdo residual), portador de un injerto de arteria mamaria interna (AMI) a la arteria coronaria descendente anterior. Se identifica la arteria mamaria izquierda en posición medial retrosternal (flecha), exageradamente desplazada de su posición habitual, más lateral y, por tanto, inaccesible a los ultrasonidos. La ausencia de señal (flujo «negro») que se observa en las estructuras vasculares, incluida la AMI, indica la existencia de flujo a su través y, por tanto, permeabilidad del vaso. La flecha discontinua señala la arteria y vena mamaria derechas, permeables y en su posición anatómica normal. AoA: aorta ascendente; AoD: aorta descendente; DP: derrame pleural; VCS: vena cava superior.

de flujo a pesar del empleo del ecopotenciador, dada la estabilidad del paciente y la ausencia de signos clínicos que hicieran sospechar la oclusión del injerto, se realizó un estudio de permeabilidad del mismo mediante resonancia magnética. Se comprobó cómo el pedículo se había situado en posición retrosternal (fig. 4), formando un gran bucle posiblemente por exceso de longitud del vaso, haciéndolo inaccesible al

estudio con ultrasonidos debido a la interposición del esternón.

DISCUSIÓN

Los resultados de nuestro estudio demuestran que la utilización de los ecopotenciadores en pacientes previamente seleccionados incrementa hasta prácticamente el 100% la sensibilidad de la ecocardiografía-Doppler color para localizar y registrar la velocidad del flujo de los injertos pediculados de AMI.

El estudio de la permeabilidad del injerto de AMI en un paciente que recientemente haya sido sometido a cirugía de revascularización coronaria es un dato de eminente interés práctico, especialmente como control de calidad, y en particular durante la curva de aprendizaje de los equipos de cirugía cardíaca que se inician en las técnicas de revascularización sin CEC.

En los últimos cinco años han aparecido en la literatura numerosos trabajos sobre la utilidad de la ecocardiografía-Doppler para la detección y valoración de la permeabilidad de los injertos de AMI^{4,10}. Se trata, no obstante, de una técnica reservada casi exclusivamente a los equipos de última generación, equipados con sondas que permiten la realización de estudios de Doppler color de alta frecuencia, por lo que su realización de forma rutinaria en la práctica asistencial está limitada a la disponibilidad de esta tecnología. A pesar del avance tecnológico, siguen existiendo situaciones en las que es difícil técnicamente la localización del injerto por ecografía, como ocurre en el paciente postoperado. Las limitaciones de ventana y de penetración de los ultrasonidos en el paciente sometido a ventilación mecánica, que es de difícil o nula movilización, con drenajes torácicos, con enfisema subcutáneo, etc., suponen una barrera importante para la detección del vaso.

La aparición de los ecopotenciadores ha minimizado estas limitaciones, al ser precisamente la potenciación de la señal Doppler una de las propiedades más relevantes de estas sustancias⁷. Se trata, en resumen, de moléculas que permiten la formación de pequeñas microburbujas estables que, administradas a través de una vena periférica, son capaces de atravesar la circulación pulmonar^{7,11}, alcanzando la circulación arterial sistémica. Estas microburbujas, de mayor o menor uniformidad y estabilidad, que variará dependiendo de la molécula y el preparado comercial empleado, condicionan la formación de una interfase líquido-gas que en último término será la responsable de la potenciación de la señal ecográfica^{7,11}. Por tanto, la utilización de un ecopotenciador permitirá poner de manifiesto señales de débil intensidad, con gran eficacia y prácticamente nulos efectos secundarios⁹, habiéndose comprobado que el beneficio es más marcado en aquellos casos en los que se obtienen señales de peor calidad en

situación basal⁷.

La utilización de ecopotenciadores para la detección de la señal Doppler del flujo de la AMI supone una nueva aplicación práctica de estos agentes, incrementando de manera significativa el ya de por sí elevado porcentaje de detección que se puede realizar en condiciones basales mediante un equipo de alta tecnología como el empleado en el presente estudio. En nuestro estudio permitió aumentar hasta el 97% el número de pacientes en los que fue posible detectar la señal del injerto, siendo una ventaja añadida la posibilidad de poder repetirse el estudio con facilidad y de forma ilimitada durante el seguimiento clínico del paciente.

En todos los casos en los que se detectó la señal de flujo por Doppler color fue posible obtener un registro espectral de su velocidad por Doppler pulsado. El patrón de la curva de velocidades fue normal en el 89% de casos e indicaba disfunción en el 11% restante. En el caso de los injertos con patrón de flujo indicativo de disfunción no se detectó ningún falso positivo, dato prospectivo que consolida la especificidad diagnóstica de los patrones descritos en artículos previos^{5,12}.

En los casos en los que no se localiza el injerto a pesar del empleo de ecopotenciadores, en particular si no hay signos clínicos de disfunción del injerto, como ocurrió en uno de los pacientes de nuestra serie, es recomendable utilizar otra exploración diagnóstica (RM o cateterismo)^{13,14} para descartar un falso negativo de injerto disfuncionante. La causa de no detectar el injerto puede ser debida a un trayecto no habitual del mismo, muy a menudo retrosternal.

Queda por determinar la teóricamente mayor utilidad práctica de los ecopotenciadores para facilitar la detección o mejorar la calidad de las señales Doppler obtenidas mediante ecocardiógrafos de generaciones anteriores a la actual. Aunque *a priori* el principal inconveniente al empleo sistemático de los ecopotenciadores en la práctica clínica viene marcado por el relativo elevado coste económico de estos productos, coste magnificado subjetivamente por el hecho de que hasta la actualidad el uso de material fungible en la práctica de la ecocardiografía se limitaba prácticamente al papel de registro, la impresión inicial es que el beneficio derivado de la utilización de estos productos supera al inconveniente de su coste. No obstante, hacen falta estudios coste-beneficio que clarifiquen este punto y minimicen el impacto económico que para los gestores representa en la actualidad la incorporación de los ecopotenciadores en la práctica ecocardiográfica diaria.

Limitaciones

El hecho de no haber estudiado la variación de la velocidad máxima del flujo tras la administración de dipiridamol, método que ha demostrado su utilidad para la valoración del funcionalismo del injerto a par-

tir del estudio de la reserva coronaria¹², no permite afirmar en un sentido estricto que los injertos con patrón de flujo normal tengan también un funcionalismo normal. No obstante, según nuestros estudios previos⁵, sí puede considerarse que los injertos con patrón de velocidades de predominio diastólico tienen la permeabilidad conservada. Este dato es de interés para evaluar la eficacia de la técnica quirúrgica en el caso de los pacientes recién operados. Existen estudios efectuados intraoperatoriamente en los que también se demuestra la utilidad que tienen los patrones de velocidad determinados mediante la técnica Doppler para valorar la permeabilidad del injerto¹⁵.

CONCLUSIONES

Aunque el uso de sondas de alta frecuencia permite la detección por vía transtorácica del flujo del injerto de AMI por Doppler color en un elevado porcentaje de casos (85%), en nuestra experiencia, la utilización selectiva de un ecopotenciador en los pacientes en los que no se identifica el injerto tras un tiempo razonable de exploración permite incrementar su detección hasta prácticamente la totalidad de los casos. El estudio de los patrones de velocidad del flujo del injerto es útil para determinar la permeabilidad del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- Mishra Y, Mehta Y, Mittal S, Mairal M, Karlekar A, Seth A. Mammary coronary artery anastomosis without cardiopulmonary bypass through minithoracotomy: one year clinical experience. *Eur J Cardiothorac Surg* 1998; 14 (Supl 1): 31-37.
- Bryan AJ, Barnard SP. Transcutaneous ultrasound measurement of flow in internal mammary artery. *Lancet* 1992; 339: 869.
- Ellen JE, Spittel PC, Seward JB. Internal Mammary Artery: 100% visualization with new ultrasound technology. *J Am Soc Echocardiogr* 1998; 11: 10-12.
- Crowley JJ, Shapiro LM. Noninvasive assessment of left internal mammary artery graft patency using transthoracic echocardiography. *Circulation* 1995; 92 (Supl 9): 25-30.
- Sualís A, Carreras F, Borrás F, García Picart J, Montiel J, Pons Lladó G. Evaluación de la permeabilidad de los injertos de arteria mamaria interna mediante análisis de la velocidad del flujo por técnica Doppler transcutánea. *Rev Esp Cardiol* 1999; 52: 681-687.
- Moreno R, García-Fernández MA, Moreno M, Bermejo J, Silva J, Vallejo JL. Detección mediante Doppler color de los puentes de arteria mamaria interna y valoración funcional de su permeabilidad. *Rev Esp Cardiol* 1999; 52: 253-258.
- Nihoyannopoulos P, Zamorano J. Aplicaciones del contraste en la ecocardiografía. *Rev Esp Cardiol* 1998; 51: 428-434.
- Von Bibra H, Sutherland G, Becher H, Neudert J, Nihoyannopoulos P. Clinical evaluation of left heart Doppler contrast enhancement by saccharide-based transpulmonary contrast agent. The Levovist Cardiac Working Group. *J Am Coll Cardiol* 1995; 25: 500-508.
- Nanda NC. History of echocardiographic contrast agents. *Clin Cardiol* 1997; 20 (Supl 1): 7-11.
- Gupta S, Murgatroyd F, Widenka K, Spyt TJ, De Bono DP. Role of transcutaneous ultrasound in evaluation of graft patency following minimally invasive coronary surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 1998; 14 (Supl 1): 88-92.
- Sanjiv Kaul. New developments in ultrasound systems for contrast echocardiography. *Clin Cardiol* 1997; 20 (Supl 1): 27-30.
- Rombaut E, Vantrimpont P, Gurné O, Chenu P, Schroeder E, Buche M et al. Noninvasive Functional Assessment of left internal mammary artery grafts by transcutaneous doppler echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1998; 11: 403-408.
- Pons-Lladó G. Estado actual del estudio de las arterias coronarias y los injertos quirúrgicos por métodos no invasivos. *Rev Esp Cardiol* 1998; 51: 510-520.
- Carreras F, Pons Lladó G, Borrás X, Llauger J, Palmer J, Bayés de Luna A. Assessment of coronary bypass graft patency by conventional magnetic resonance imaging techniques [resumen]. *J Cardiovasc Magn Reson* 1999; 1: 74.
- Oda K, Hirose K, Nishimori H, Sato K, Yamashiro T, Ogoshi S. Assessment of internal thoracic artery graft with intraoperative color Doppler ultrasonography. *Ann Thorac Surg* 1998; 66: 79-81.