

Investigación clínica

Fiabilidad del eco-Doppler preoperatorio en el diseño de una estrategia terapéutica para la isquemia crónica del miembro inferior

Juan Fontcuberta, Angel Flores, Antonio Orgaz, Manuel Doblaz, Jose Gil, Ignacio Leal, Ruben Rodriguez, Jose Maria Benito y Maria Dolores Bermúdez, Toledo, España

El objetivo del presente estudio fue comparar el plan de tratamiento diseñado en función de la evaluación preoperatoria con eco-Doppler de la isquemia crítica de la extremidad con el plan de tratamiento llevado a cabo en último término, después de valorar los hallazgos obtenidos durante el tratamiento quirúrgico o endovascular. Durante un período de 51 meses, se efectuó un estudio eco-Doppler preoperatorio en 335 pacientes consecutivos con isquemia crónica crítica, para diseñar la mejor estrategia terapéutica. El grado de concordancia entre ambos planes fue el siguiente: 80%, 82,7% y 59% en los exámenes de las arterias ilíacas, femoropoplíteas o tibiales, respectivamente. El plan operatorio se modificó con más frecuencia debido al fallo del eco-Doppler en procedimientos relacionados con vasos distales (10 de 44 [22,7%], $p < 0,01$). En conclusión, la evaluación con eco-Doppler de pacientes con enfermedad arterial oclusiva del miembro inferior permite el diseño de un plan de tratamiento tanto médico como quirúrgico o endovascular con un nivel elevado de concordancia con los hallazgos obtenidos durante el procedimiento de revascularización.

INTRODUCCIÓN

Se ha prestado especial interés a la utilidad de los diferentes métodos diagnósticos para proporcionar una cartografía arterial y una estrategia operatoria de la revascularización del miembro inferior¹⁻³. En una revisión sistemática, publicada recientemente por Collins et al, se recomendó que los hallazgos quirúrgicos durante el procedimiento y los resultados a corto y medio plazo de las diferentes técnicas de revascularización en la isquemia crítica crónica^{4,5} se consideraran el nuevo patrón oro de los exámenes

diagnósticos. El objetivo del presente estudio fue comparar el plan de tratamiento diseñado en función de la evaluación preoperatoria con eco-Doppler de la isquemia crítica de la extremidad con el plan de tratamiento llevado a cabo en último término, después de valorar los hallazgos obtenidos durante el tratamiento quirúrgico o endovascular.

PACIENTES Y MÉTODOS

Durante un período de 51 meses (desde agosto de 2003 a octubre de 2007), se efectuó un estudio eco-Doppler preoperatorio en 335 pacientes consecutivos con isquemia crítica crónica, para diseñar la mejor estrategia terapéutica. Se efectuó un total de 338 exámenes (tres bilaterales y 332 unilaterales) en pacientes con una edad media de 70,6 años (límites, 37-95 años; 276 [82,3%] hombres y 59 [17,6%] mujeres).

De acuerdo con la clasificación de Rutherford, 160 exámenes pertenecían a la categoría 6 (47,3%), 88 (26%) a la categoría 5, 40 (13%) a la categoría 4 y

DOI of original article: 10.1016/j.avsg.2008.07.011.

Hospital Virgen de la Salud, Cirugía Vasculat y Endovascular, Toledo, España.

Correspondencia: Hospital Virgen de la Salud, Cirugía Vasculat y Endovascular, Barber sn, 28005 Toledo, España. Correo electrónico: juanfontcuberta@telefonica.net

Ann Vasc Surg 2009; 23: 577-582

DOI: 10.1016/j.avsp.2009.11.012

© Annals of Vascular Surgery Inc.

Publicado en la red: 19 de junio de 2009

50 (14,7%) a la categoría 3. En 165 pacientes (49,2%) el proceso se asociaba a diabetes mellitus. Se excluyó del estudio a todos los pacientes con un estudio previo de diagnóstico por la imagen (angiografía, angiografía por tomografía computarizada o angiografía por resonancia magnética), al igual que a aquellos con procedimientos previos de revascularización homolaterales, aneurismas o patología oclusiva aortoiliaca, y a los pacientes con una indicación primaria de amputación. También se excluyeron todos los protocolos en los que el plan de tratamiento no se había definido claramente.

Durante el período inmediatamente anterior a la intervención, dos cirujanos vasculares con experiencia llevaron a cabo todos los estudios en un laboratorio vascular certificado.

Todos los exámenes eco-Doppler preoperatorios se llevaron a cabo con un ecógrafo con sondas multifrecuencia de 2-5 MHz y de 10-12 MHz (Toshiba Applio; Toshiba Medical Systems, Japón).

El examen se llevó a cabo con el paciente colocado en posición de decúbito supino. El estudio se inició con una proyección longitudinal en la arteria ilíaca externa, inmediatamente por encima del ligamento inguinal. La presencia de un tiempo de aceleración ≥ 130 msec⁶, un índice de discriminación $\geq 0,75$ ⁷ o una alteración global de la morfología de la enfermedad cardiovascular^{8,9} (Fig. 1) permitió sospechar lesiones hemodinámicamente significativas en el sector aortoiliaco.

Acto seguido, se estudió el sector femoropoplíteo con eco-Doppler color, de preferencia utilizando una proyección longitudinal con una sonda de 5-7 MHz y una sonda de 2-5 MHz en el área del conducto de Hunter y en el área de la rodilla. Se consideró el diagnóstico de estenosis arterial $>50\%$ cuando la velocidad sistólica máxima en el punto de máxima estenosis fue como mínimo el doble de la velocidad sistólica máxima en el segmento arterial inmediatamente proximal. El diagnóstico de oclusión arterial completa se confirmó mediante la ausencia de registro de color en el interior de la arteria examinada.

Un aspecto esencial del examen fue el área de repermeabilización arterial. En dicho segmento se analizaron las características morfológicas (homogeneidad del espectro color, presencia de calcio o trombo mural) y las características de la curva de velocidad Doppler^{10,11} (velocidad sistólica máxima e índice de resistencia).

El estudio del sector arterial distal se inició en el tercio medio de la pierna. La arteria tibial anterior se localizó a través de un abordaje anterior entre la tibia y el peroné, la arteria tibial posterior se localizó a través de una proyección interna y la arteria

peronea a través de un abordaje interno o posteroexterno. Se corrigieron los diferentes parámetros del estudio eco-Doppler para detectar los vasos de bajo flujo y se inclinó el cuadro color para obtener el ángulo incidente más apropiado. El aspecto esencial del examen del sector femoropoplíteo fue evaluar la permeabilidad y el flujo en los diferentes vasos¹². Cuando fue necesario el estudio del sector distal para establecer la estrategia terapéutica, se examinaron la arteria pedia y la tibial posterior en el pie con una sonda de 10-12 MHz^{13,14}. Por último, se realizó un gráfico que consistió en un mapa arterial que incluyó los hallazgos principales del examen, al igual que la mejor opción terapéutica o la necesidad de algún examen adicional.

Se calculó el grado de concordancia entre el procedimiento que finalmente se efectuó y el diseñado en función de los hallazgos del eco-Doppler utilizando el valor kappa, que se clasificó como excelente (0,81 a 1,00), bueno (0,61 a 0,80) o moderado (0,41 a 0,60). La presencia o ausencia de lesiones hemodinámicamente significativas en los diferentes sectores arteriales, confirmadas durante la intervención quirúrgica y/o endovascular, nos permitió construir tablas de contingencia apropiadas y determinar la precisión del eco-Doppler: sensibilidad (S), especificidad (E), valor predictivo positivo (VPP) y valor predictivo negativo (VPN). Una diferencia estadísticamente significativa se definió como un valor de $p < 0,01$. Se determinaron los intervalos de confianza del 95% para cada estimación de la muestra.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos del estudio se clasificaron en grupos de concordancia con los sectores examinados. Las lesiones hemodinámicamente significativas se detectaron en 67 de 338 (19,8%) exámenes de las arterias ilíacas. En 45 de ellas, se identificaron 67 (67,1%) lesiones asociadas en las arterias femoropoplíteas o tibiales.

De acuerdo con los hallazgos del examen eco-Doppler, las indicaciones terapéuticas efectuadas en este nivel fueron las siguientes: estuvo indicado un estudio de diagnóstico por la imagen antes de la intervención en 16 de 67 (23,8%) casos; la preferencia del cirujano modificó la indicación original antes del procedimiento en 11 (16,4%) casos; y se estableció un plan de tratamiento utilizando eco-Doppler para 40 de 67 (59,7%) casos. En estos 40 exámenes, la concordancia y la discrepancia entre ambos planes fueron las siguientes: en 32 de 40 (80%) casos, se evidenció una coincidencia completa; hubo diferencias en 6 de 40 (15%) casos debido a la preferencia del cirujano cuando

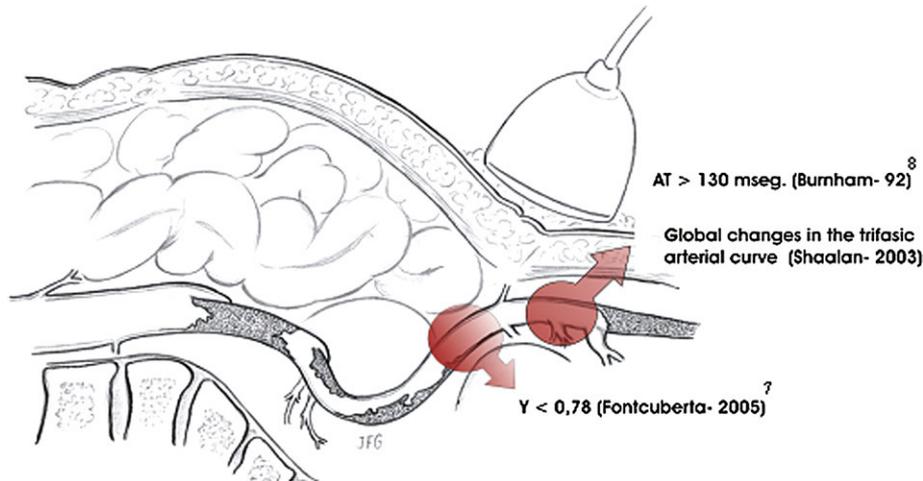


Fig. 1. Para el diagnóstico de sospecha de patología oclusiva aortoiliaca se usan diferentes parámetros Doppler. AT: tiempo de aceleración; Global changes in the trifasic arterial curve (Shaalán-2003): cambios globales de la curva arterial trifásica (Shaalán, 2003); Y: cálculo basado en los diferentes parámetros de la morfología de la onda Doppler.

seleccionó una determinada opción terapéutica de entre diversas opciones válidas posibles, aunque los hallazgos intraoperatorios confirmaron el diagnóstico del eco-Doppler; y en dos de 40 (5%) casos, hubo diferencias debido a un error diagnóstico del eco-Doppler (tabla I).

En el sector ilíaco, el grado de concordancia de ambas estrategias fue excelente, al igual que los valores de S, E, VPP y VPN (tabla II).

En función del estudio eco-Doppler en las arterias femoropoplíteas se hicieron las indicaciones terapéuticas siguientes: en 55 de 260 (21,1%) casos estuvo indicado un estudio de diagnóstico por la imagen previo a la intervención; en 54 (20,7%) pacientes, estuvo indicado tratamiento médico, y en 151 de 260 (58%) casos, la estrategia se estableció en función de los datos del eco-Doppler. En estos 151 exámenes, la concordancia y las diferencias fueron las siguientes: en 125 de 151 (82,7%) casos, ambos planes coincidieron por completo; en 17 (11,2%) de ellos, se usó otra técnica como consecuencia de la preferencia del cirujano vascular responsable del procedimiento; y sólo en nueve de 151 (5,9%) exámenes, hubo un error verdadero en el eco-Doppler que se tradujo en una indicación errónea (v. tabla I).

En la tabla II se muestra el grado de concordancia entre ambas estrategias y los valores S, E, VPP y VPN obtenidos.

En función del estudio eco-Doppler arterial, se efectuaron las indicaciones siguientes para la revascularización de las arterias infrapoplíteas. En 77 de 193 (39,8%) casos estuvo indicado un estudio de diagnóstico por la imagen antes de la intervención; en 72 (37,8%) de ellos, estuvo

indicado un tratamiento médico; y en 44 de 193 (22,7%) casos, se trazó un plan de tratamiento. De ellos, hubo un acuerdo total con la técnica usada en 26 de 44 casos (59%), en ocho (18%) de ellos, el plan diseñado basado en el eco-Doppler se modificó debido a la preferencia del cirujano; y en 10 de 44 (22,7%) casos, los hallazgos erróneos del eco-Doppler impidieron una indicación correcta (tabla I). En la tabla II se muestran los valores de la S, E, VPP y VPN y la concordancia entre ambos planes.

Durante todo el estudio eco-Doppler, se diagnosticó un mayor número de lesiones en las arterias femoropoplíteas (260 de 338 [76,9%]) que en las arterias tibiales (193 de 338 [57%]) o vasos ilíacos (67 de 338 [19,8%]), y las diferencias entre estas tasas fueron estadísticamente significativas ($p < 0,01$). El sector distal fue el asociado con más frecuencia con la presencia de lesiones oclusivas en otros sectores (190 de 193 [98%], $p < 0,01$). También fue el sector que requirió con más frecuencia estudios de diagnóstico por la imagen preoperatorios (77 de 193 [39,8%], $p < 0,01$) y en el que estuvo indicado un tratamiento médico en lugar de una intervención quirúrgica y/o endovascular (72 de 193 [37,8], $p < 0,01$). Por otra parte, en las arterias ilíacas y femoropoplíteas estuvo indicado con más frecuencia un plan terapéutico basado en el eco-Doppler ($p < 0,01$).

Con respecto al grado de concordancia, se identificó una mayor coincidencia entre ambas estrategias en los vasos femoropoplíteos (125 de 191 [82,7%]), seguido del sector ilíaco (32 de 40 [80%]). Se detectó una diferencia estadísticamente significativa entre ambos sectores arteriales, al igual que en la comparación con las arterias distales

Tabla I. Causa de desacuerdo entre la estrategia terapéutica basada en los hallazgos del eco-Doppler y el procedimiento en último término efectuado

	Desacuerdos	Indicación basada en eco-Doppler	Procedimiento practicado	
Arterias ilíacas	Elección cirujano	1 ATP/S	EA AIE	
		1 ATP/S	EA AIC + AIE	
		1 ATP/S + Bp FP	ATP/S	
		1 ATP/S + Bp FP	ATP/S	
		1 Bp AoBF	ATP/S + Bp FF	
		1 Bp FF + Bp FP	Bp FF	
	Error eco-Doppler	1 EA AIE	Bp FP IG	
		1 EA AIE	EA AFC + profundoplastia	
			Técnica de Le Moll	
			EA AIE	
Arterias femoropoplíteas	Elección cirujano	5 Bp FP SG	Técnica de Le Moll	
		2 Bp FP SG + EA AIE	EA AIE	
		2 Bp FP IG	Técnica de Bolia	
		4 Bp F distal	ATP/S AFS	
		1 técnica de Le Moll	Bp FP SG	
		1 Técnica de Le Moll	Bp FP SG	
		1 Bp pop distal	ATP/S AP	
		1 técnica de Bolia	Tratamiento médico	
		Error eco-Doppler	1 Bp FP SG	ATP/S AFS
			1 Bp FP SG	Bp FP IG
	1 Bp FP IG		Bp FP SG	
	1 Bp FP IG		ATP/S AFS	
	1 Bp FP IG		Bp FP SG	
	1 Bp F distal		Bp FP IG	
	1 Bp F distal		ATP/S AFS	
	1 EA AIE		Bp FP IG	
	1 EA AIE		EA AFC+ Bp FP	
			Bp F-distal a ATP	
	Arterias distales	Elección cirujano	1 técnica de Bolia	Bp F-distal a ATP
			1 ATP/S ATA	Bp F-distal a ATA
1 Bp F-distal a ATP			Bp F-distal a ATA	
1 Bp F-distal a ATP			ATP/S ATP	
1 Bp F-distal a ATP			ATP/S AP	
1 ATP/S AP			ATP/S Per artery	
1 ATP/S AP			Tratamiento médico	
1 ATP/S ATA			Tratamiento médico	
Error eco-Doppler		1 Bp F-distal a ATP	Bp F-distal a AP	
		1 Bp F-distal a ATP	Bp F-distal a AP	
		1 Bp F-distal a ATP	ATP/S TTP	
		1 ATP/S AP	Bp F-distal a ATA	
		1 ATP/S TTP	Bp F-distal a ATP	
		1 ATP/S ATA	Bp pop distal	
		1 técnica de Bolia	Bp FP IG	
		1 ATP/S ATP	Tratamiento médico	
	1 ATP/S ATA + ATP	Tratamiento médico		

AFC: arteria femoral común; AFS: arteria femoral superficial; AIC: arteria ilíaca común; AIE: arteria ilíaca externa; AoBF: aortobifemoral; AP: arteria peronea; ATA: arteria tibial anterior; ATP: arteria tibial posterior; ATP/S: angioplastia transluminal percutánea + *stent*; Bp: *bypass*; F-distal: femorodistal; FF: femorofemoral; FP: femoropoplíteo; IG: infragenicular; pop distal: poplíteo distal; SG: supragenicular; TTP: tronco tibialperoneo.

($p < 0,01$). El plan de la intervención se modificó con más frecuencia debido a un error del eco-Doppler en los procedimientos relacionados con los vasos distales (10 de 44 [22,7%], $p < 0,01$).

Para las modificaciones del plan quirúrgico/endo-vascular como consecuencia de las preferencias de los propios cirujanos no se demostraron diferencias

estadísticamente significativas entre los diferentes sectores.

DISCUSIÓN

Tradicionalmente, la fiabilidad del eco-Doppler para detectar y clasificar la patología oclusiva de las

Tabla II. Precisión del eco-Doppler para predecir el procedimiento efectuado en último término

Estrategia basada en eco-Doppler comparada con procedimiento final	Arterias ilíacas	Arterias femoropoplíteas	Arterias distales
N	172	153	57
Verdaderos positivos	32	125	26
Verdaderos negativos	2	9	10
Falsos positivos	0	2	3
Falsos negativos	138	17	18
Sensibilidad (%), (IC 95%)	100	98 (96-99)	89 (84-93)
Especificidad (%), (IC 95%)	98 (97-99)	65 (61-68)	64 (59-68)
VPP (%), (IC 95%)	94 (92-95)	93 (91-95)	72 (69-74)
VPN (%), (IC 95%)	100	89 (86-91)	85 (80-89)
κ índice (IC 95%)	0,93 (0,91-0,94)	0,71 (0,67-0,74)	0,70 (0,64-0,76)

IC: intervalo de confianza; VPN: valor predictivo negativo; VPP: valor predictivo positivo.

extremidades inferiores se ha comparado con la angiografía como "patrón oro"¹⁵. Sin embargo, en los últimos años, se ha cuestionado la adecuación de este patrón de referencia^{16,17}, destacando el papel de los resultados inmediatos y a corto plazo de la revascularización arterial como el verdadero "patrón oro" para comparar los diferentes exámenes diagnósticos. El fundamento de este cambio se basa en el hecho de que el objetivo final de los instrumentos diagnósticos es establecer la estrategia terapéutica apropiada, quirúrgica o endovascular, más que obtener un mapa anatómico preciso de los lechos arteriales¹⁸. Por otra parte, el resultado del procedimiento de revascularización no sólo dependerá de los aspectos anatómicos sino que también estará influido por las características hemodinámicas de los segmentos arteriales implicados^{19,20}. El presente estudio demuestra que el plan terapéutico trazado en función de los hallazgos del eco-Doppler permite prever con precisión el procedimiento que, en último término, se practica. Los exámenes de diagnóstico por la imagen preoperatorios o intraoperatorios efectuados en casos seleccionados pueden contribuir a resolver la mayoría de las situaciones en las que el eco-Doppler no puede establecer de modo fiable un plan de tratamiento. La concordancia, reflejada a través de tasas elevadas de sensibilidad y especificidad, es de particular importancia en áreas como los sectores ilíaco y distal, donde tradicionalmente se ha considerado que la utilidad del eco-Doppler es limitada^{21,22}.

Diversas circunstancias nos han permitido mejorar los resultados. En primer lugar, efectuó el estudio diagnóstico con un abordaje quirúrgico^{23,24} el mismo cirujano vascular que, por último, practicó el procedimiento quirúrgico y endovascular²⁵.

En segundo lugar, la presencia de lesiones en el sector ilíaco se diagnosticó indirectamente a través del examen de la arteria ilíaca externa distal, justo

por encima del conducto inguinal, un área más apropiada para la insonación de la arteria. Todas las anomalías detectadas en la morfología de la onda Doppler de dicha arteria deben investigarse con más detalle, con exámenes adicionales, incluida la angiotomografía computarizada, angiorresonancia magnética e incluso angiografía intraoperatoria o preoperatoria²⁶. En el sector ilíaco, es de particular importancia evitar los exámenes falsos negativos ya que esto podría dar lugar a una estrategia errónea y las lesiones proximales no se tratarían. En la serie del presente estudio uno de los aspectos más pertinentes es el aumento de las opciones terapéuticas para tratar la misma enfermedad vascular²⁷. En muchas situaciones, la selección del procedimiento electivo no cambia por los hallazgos mostrados en los estudios de diagnóstico por la imagen, ya que depende del cirujano vascular, la preferencia del equipo quirúrgico, y de la experiencia personal. Una vez más, se destaca la importancia de la supervisión del estudio eco-Doppler bajo los auspicios del servicio de cirugía vascular.

Se detectó un elevado nivel de concordancia entre ambos planes en los vasos femoropoplíteos ($\kappa = 0,71$). El estudio de este sector es fácilmente accesible para las sondas de eco-Doppler hasta el área de Hunter. En la serie del presente estudio la mayoría de los errores diagnósticos incluyeron la estimación imprecisa de la permeabilidad de la arteria femoral supragenicular, al igual que resultados falsos positivos en el examen eco-Doppler de esta área.

El estudio de las arterias tibiales demostró valores más bajos de la S, E, VPP y VPN que para otros sectores. Estos peores resultados se debieron al pequeño calibre de los vasos, los bajos perfiles de flujo, la frecuente asociación con patología oclusiva de múltiple nivel, al igual que la dirección paralela y el bajo ángulo de insonación con respecto a la sonda

ecográfica, excepto en el primer segmento de la arteria tibial anterior apoyada en la fascia ínterósea. De hecho, en ocasiones no es posible localizar correctamente las arterias distales debido a artefactos del calcio²⁸. En estas circunstancias, es indispensable un examen angiográfico antes de la intervención^{29,30}.

En conclusión, la evaluación eco-Doppler de pacientes con enfermedad arterial oclusiva de las extremidades inferiores permite el diseño de un plan de tratamiento tanto médico como quirúrgico o endovascular con un nivel elevado de concordancia con los hallazgos obtenidos durante el procedimiento de revascularización. Esta estrategia puede ser útil para seleccionar y limitar los pacientes que son candidatos a una angiografía.

BIBLIOGRAFIA

1. Meissner OA, Rieger J, Weber C, et al. Critical limb ischemia: hybrid MR angiography compared with DSA. *Radiology* 2005;235:308-318.
2. Ascher E, Hingorani A, Markevich N, et al. Role of duplex arteriography as the sole preoperative imaging modality prior to lower extremity revascularization surgery in diabetic and renal patients. *Ann Vasc Surg* 2004;18:433-439.
3. Ascher E, Hingorani A, Markevich N, Schutzer R, Kallakuri S. Acute lower limb ischemia: the value of duplex ultrasound arterial mapping (DUAM) as the sole preoperative imaging technique. *Ann Vasc Surg* 2003;17:284-289.
4. Collins R, Burch J, Cranny G, et al. Duplex ultrasonography, magnetic resonance angiography, and computed tomography angiography for diagnosis and assessment of symptomatic, lower limb peripheral arterial disease: systematic review. *BMJ* 2007;334:1257.
5. Collins R, Cranny G, Burch J, et al. A systematic review of duplex ultrasound, magnetic resonance angiography and computed tomography angiography for the diagnosis and assessment of symptomatic, lower limb peripheral arterial disease. *Health Technol Assess* 2007;11:1-184.
6. Coffi SB, Ubbink DT, Zwiers I, van Gorp AJ, Legemate DA. The value of the peak systolic velocity ratio in the assessment of the haemodynamic significance of subcritical iliac artery stenoses. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2001;22:424-428.
7. Fontcuberta J, Flores A, Langsfeld M, et al. Screening algorithm for aorto-iliac occlusive disease using duplex ultrasonography-acquired velocity spectra from the distal external iliac artery. *Vascular* 2005;13:164-172.
8. Shaalan WE, French-Sherry E, Castilla M, Lozanski L, Bassiouny HS. Reliability of common femoral artery hemodynamics in assessing the severity of aorto-iliac inflow disease. *J Vasc Surg* 2003;37:960-969.
9. Eiberg JP, Jensen F, Grønvald Rasmussen JB, Schroeder TV. Screening for aorto-iliac lesions by visual interpretation of the common femoral Doppler waveform. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2001;22:331-336.
10. Boström A, Ljungman C, Hellberg A, et al. Duplex scanning as the sole preoperative imaging method for infrainguinal arterial surgery. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2002;23:140-145.
11. Mazzariol F, Ascher E, Hingorani A, et al. Lower-extremity revascularisation without preoperative contrast arteriography in 185 cases: lessons learned with duplex ultrasound arterial mapping. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2000;19:509-515.
12. Henrique Rossi F, Puech-Leão P, Mitsuro Izukawa N, et al. Color-flow duplex hemodynamic assessment of runoff in ischemic lower limb revascularization. *Vascular* 2006;14:149-155.
13. Hofmann WJ, Walter J, Ugurluoglu A, Czerny M, Forstner R, Magometschnigg H. Preoperative high-frequency duplex scanning of potential pedal target vessels. *J Vasc Surg* 2004;39:169-175.
14. Hofmann WJ, Forstner R, Kofler B, Binder K, Ugurluoglu A, Magometschnigg H. Pedal artery imaging: a comparison of selective digital subtraction angiography, contrast enhanced magnetic resonance angiography and duplex ultrasound. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2002;24:287-292.
15. Koelemay MJ, den Hartog D, Prins MH, Kromhout JG, Legemate DA, Jacobs MJ. Diagnosis of arterial disease of the lower extremities with duplex ultrasonography. *Br J Surg* 1996;83:404-409.
16. Hingorani A, Ascher E, Marks N. Preprocedural imaging: new options to reduce need for contrast angiography. *Semin Vasc Surg* 2007;20:15-28.
17. Koelemay MJ, Legemate DA, Reekers JA, Koedam NA, Balm R, Jacobs MJ. Interobserver variation in interpretation of arteriography and management of severe lower leg arterial disease. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2001;21:417-422.
18. Löfberg AM, Karacagil S, Hellberg A, Boström A, Ljungman C, Ostholm G. The role of duplex scanning in the selection of patients with critical lower-limb ischemia for infrainguinal percutaneous transluminal angioplasty. *Cardiovasc. Intervent Radiol* 2001;24:229-232.
19. Hingorani AP, Ascher E, Marks N. Duplex arteriography for lower extremity revascularization. *Perspect Vasc Surg Endovasc Ther* 2007;19:21-22.
20. Luján S, Criado E, Puras E, Izquierdo LM. Duplex scanning or arteriography for preoperative planning of lower limb revascularisation. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2002;24:31-36.
21. Mulligan SA, Matsuda T, Lanzer P, et al. Peripheral arterial occlusive disease: prospective comparison of MR angiography and color duplex US with conventional angiography. *Radiology* 1991;178:695-700.
22. Katsamouris AN, Giannoukas AD, Tsetis D, Kostas T, Petinarakis I, Gourtsoyiannis N. Can ultrasound replace arteriography in the management of chronic arterial occlusive disease of the lower limb? *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2001;21:155-159.
23. Mandolfino T, Canciglia A, Lamberto S, Carmignani A, D'Alfonso M, Bottari A. Comparison between magnetic resonance angiography and duplex ultrasound for preoperative planning of lower limb revascularisation. *Chir Ital* 2005;57:615-620.
24. Elsharawy M, Elzayat E. A fast arterial duplex ultrasound performed by vascular surgeons. Is the time now? *Int Angiol* 2002;21:374-378.
25. Koelemay MJ, Legemate DA, de Vos H, et al. Duplex scanning allows selective use of arteriography in the management of patients with severe lower leg arterial disease. *J Vasc Surg* 2001;34:661-667.
26. Back MR, Bowser AN, Schmach DC, Johnson BL, Bandyk DF. Duplex selection facilitates single point-of-service endovascular and surgical management of aorto-iliac occlusive disease. *Ann Vasc Surg* 2002;16:566-574.
27. Taylor SM, Kalbaugh CA, Blackhurst DW, et al. Determinants of functional outcome after revascularization for

- critical limb ischemia: an analysis of 1000 consecutive vascular interventions. *J Vasc Surg* 2006;44:747-755.
28. Favaretto E, Pili C, Amato A, et al. Analysis of agreement between Duplex ultrasound scanning and arteriography in patients with lower limb artery disease. *J Cardiovasc Med* 2007;8:337-341.
29. Hingorani A, Ascher E, Markevich N, et al. A comparison of magnetic resonance angiography, contrast arteriography, and duplex arteriography for patients undergoing lower extremity revascularization. *Ann Vasc Surg* 2004;18:294-301.
30. Avenarius JK, Breek JC, Lampmann LE, van Berge Henegouwen DP, Hamming JF. The additional value of angiography after colour-coded duplex on decision making in patients with critical limb ischaemia. A prospective study. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2002;23:393-397.