

PAPEL DE LA DOPPLER-FLUJOMETRIA EN EL DIAGNOSTICO DE LAS ENFERMEDADES VASCULARES PERIFERICAS (*)

S. ABATE, L. VANNI, G. P. FERULANO, A. FRESINI, G. CALIFANO

**Anatomia Chirurgica e Corso di Operazioni (Direttore: Prof. G. Califano).
2.^a Facoltà di Medicina e Chirurgia. Università degli Studi. Napoli (Italia)**

Introducción

El diagnóstico de los trastornos de la irrigación periférica ocasionados por fenómenos de estenosis u oclusión representa un problema de notable interés clínico, no sólo por el aumento que tales formas morbosas han registrado en los últimos años, sino también porque con el desarrollo de las recientes técnicas de desobstrucción y reconstrucción una porción siempre importante de tales estrechamientos y obliteraciones puede ser corregida con eficacia por procedimientos quirúrgicos.

El diagnóstico definitivo de estas lesiones, no obstante, aún hoy se establece de preferencia a través de la angiografía. Si bien esta exploración, efectuada con buena técnica y por manos expertas, comporta riesgos aceptables, siempre representa una intervención cruenta, delicada, costosa, que no se presta a efectuarse sistemáticamente en cualquier enfermo y en todos los ambientes y, mucho menos, repetirse en el propio enfermo.

Resulta, por tanto, muy necesario poder disponer de criterios metodológicos incruentos, fáciles de ejecutar, económicos y, cosa importante, que puedan repetirse, al objeto cuando menos de obtener una preselección de los pacientes a someter a la angiografía o tal vez lograr un propio y verdadero diagnóstico definitivo.

Entre los distintos métodos diagnósticos no agresivos (no invasivos) efectuamos una primera distinción fundamental en directos e indirectos. A este último grupo, el más numeroso, pertenecen todos aquellos exámenes instrumentales que valoran la perfusión de un miembro o de un sector del mismo basándose en las variaciones volumétricas, tensionales, térmicas y eléctricas que suceden en él en todo el complejo sistólico-diastólico, es decir en cada llegada de una cantidad más o menos variable de sangre. En el grupo de los directos, por contra, reunimos aquellos procedimientos, directos precisamente, que nos permiten investigar los vasos en estudio a lo largo de su curso. Entre ellos sobresale la sonografía Doppler, que aprovecha el mismo efecto (DOPPLER, 1842) según el cual la frecuencia de un haz ultrasónico reflejado por

(*) Traducido del original en italiano por la Redacción.

partículas contenidas en un fluido en movimiento depende de la velocidad de las propias partículas, por lo cual colocando un transductor sobre la piel podemos explorar los vasos que se hallan debajo (SAMOTURA y KANETO, 1959). Percibiremos así las modificaciones en frecuencia que sufren los ultrasonidos reflejados por los hematíes como «el sonido de la sangre que circula». Tales señales, además de oídas, pueden ser registradas gráficamente, consiguiendo de esta manera la marcha en el tiempo de la velocidad sanguínea, junto a la dirección en que circula la sangre (SATOMURA, 1959 - FRANKLIN y cols., 1961).

Material y método

Al objeto de efectuar una valoración del significado, en cuanto a sensibilidad y especificidad, que cabe atribuir a los resultados de la flujometría Doppler, aportamos los datos conseguidos de la observación de 258 enfermos, todos afectados de arteriopatía crónica ocluyente de los miembros inferiores, vistos por nosotros en el período de 24 meses, y todos sometidos a fotopleti-mografía, reografía, velocimetría y 98 de ellos a arteriografía. Estos últimos constituyen la base de nuestro estudio. Los pacientes presentaban una edad variable entre 37 y 82 años; correspondían al sexo masculino el 78 % y eran diabéticos el 32 % con distinta intensidad.

TABLA I. — Clasificación de los pacientes

Grado	1.º	2.º	3.º
Inicio de la sintomatología	< 2 años	> 2 años	> 5 años
Factores de riesgo	escasos	de media intensidad	notables
Claudicación	150 m	100 m	50 m
Lesiones angiotróficas:			
— estenóticas	< 2 vasos	> 2 vasos	> 2 vasos
— obstructivas	—	1 vaso	> 2 vasos
Dolor en reposo	—	+	+++
Lesiones tróficas	—	+—	++

Como reógrafo se ha utilizado un aparato Beckmann de tipo tetrapolar; el fotopleti-mógrafo empleaba transductor con fotocélula; para la flujometría nos hemos servido de un aparato bidireccional de 8 Mhz (Unipon UDP 10) de fabricación polaca unido a un registrador gráfico de tres trazos, en uno el flujo anterógrado, en otro sólo la cuota retrógrada y en el tercero el flujo total, es decir, la suma algebraica de los dos precedentes.

En cuanto se refiere a los parámetros de interpretación del método utilizado no nos entretendremos en la reografía y en la fotopleti-mografía, técnicas en la actualidad bien codificadas por el tiempo y por el uso, en tanto recordamos que para la sonografía Doppler, tras una medida de los índices de Winsor obtenida como relación entre la presión sistólica humeral y la auscultada en el tobillo (WINSOR (4), 1980; FELIX et al. (1), 1975; LAABAN (2), 1977;

BARTOLO (3), 1979), hemos procedido a un registro sistemático de las curvas velocimétricas en las arterias femorales, poplíteas, tibiales anteriores y posteriores. Los elementos considerados en el análisis de las distintas curvas de velocidad han sido: La amplitud de la curva, el grado de inclinación de la porción ascendente y descendente (D'ALESSIO et al., 1981), la presencia y la intensidad del flujo invertido, la primera diástole y las oscilaciones en fase diastólica tardía (SONICAID, 1978; STRANDNESS, 1978; BARNES, 1979; GOSLING, 1978); de igual modo se ha dado importancia al flujo continuo, es decir, al espacio comprendido entre la línea cero y la base de la excursión sistólica (BARTOLO, 1979); y, por último, a la presencia de alteraciones de los perfiles de las diferentes formas de la onda, interpretables como fenómenos de turbulencia (WAXHAM, 1980).

TABLA II. — Resultados

<i>Significativos</i>	<i>Doppler</i>	<i>Reografía</i>	<i>Fotopletismografía</i>
Sensibilidad	98 %	81 %	72 %
Especificidad para las distintas reagrupaciones	78 %	52 %	38 %
Definición topográfica	82 %	37 %	—

Resultados

En cuanto a los resultados hay que decir respecto a la seguridad diagnóstica del Doppler que sale un 98 % en relación a la angiografía. En esta primera fase hemos considerado la capacidad del método en evidenciar cualquier eventual tipo de lesión del árbol arterial. También la reografía y la fotopletismografía, incluso siendo de orden menor, han demostrado ser buenos procedimientos instrumentales con un porcentaje y positividad respectivamente del 81 % y del 72 %.

Hemos buscado comprobar el grado de correspondencia entre la gravedad de la lesión vascular y los resultados de los métodos no invasivos (no agresivos) empleados. A tal fin se ha efectuado, en primer lugar, una graduación de la propia lesión, integrando lo que la radiografía demostraba con la sintomatología objetiva y subjetiva. Se ha hecho así una división aproximada en tres grados. En el primero hemos colocado aquellos casos con claudicación intermitente no inferior a 150 m., con escasa presencia de factores de riesgo (diabetes, hipercolesterolemia, vida sedentaria, tabaco, etc.), con sintomatología iniciada no más de dos años antes y con lesiones angiográficas solo de tipo estenótico, no interesando más de dos vasos. El segundo grupo comprendía, por contra, aquellos con claudicación intermitente inferior a los 100 m. o con dolor en reposo, con mayores factores de riesgo y sintomatología que databa de más tiempo, con una lesión de tipo obstructivo en un gran vaso de la pelvis o de los miembros y estenosis intensa en más de dos vasos. En el tercer grupo se agrupaban aquellos sujetos con evolución superior a los

cinco años afectos de lesiones tróficas, con notable riesgo y con obstrucción o estrechamiento que interesara de forma difusa el árbol arterial periférico (tabla 1).

La especificidad para tales reagrupaciones, incluso con las inevitables limitaciones de un no perfecto alineamiento de los distintos individuos en cada grupo por la presencia de múltiples estadios intermedios, ha sido para el Doppler del 78 %, para la reografía del 52 % y para la fotoplefetismografía del 38 % (tabla 2).

Por último, hemos puesto nuestra atención sobre la especificidad diagnóstica en relación a la definición topográfica de la lesión vascular. A nivel de individualización sectorial, la positividad del examen flujométrico ha sido del 80 % para las lesiones del sector ilíaco, del 81 % para las de la femoral superficial y del 89 % y del 79 % para las estenosis u obstrucciones de la tibial posterior y anterior, respectivamente.

Sensiblemente inferiores han sido, por contra, los resultados obtenidos por la reografía con la cual, entre otras cosas, no era posible distinguir las lesiones de los vasos ilíacos de las femorales, como tampoco las lesiones de las ramas tibiales anteriores de las ramas posteriores. Asociando, después, los dato impedanciométricos al examen sonográfico, el porcentaje de positividad del último no varió.

Nos ha parecido oportuno excluir de este último interdiagnóstico la fotoplefetismografía por las inevitables limitaciones ligadas al propio principio de tal método, reservándola para la localización de aquellas formas en las cuales el obstáculo estaba situado a nivel extremo periférico distal por interesar los últimos tramos de los troncos tibiales, peroneos, red metatarsal, digital o del lecho arteriolo-capilar. Hay que decir que en muchas de estas últimas situaciones, en las que dominaba sobre todo el componente funcional, no se efectuó angiografía sino que hemos integrado el examen semiológico físico con otros métodos, cual la teletermografía dinámica y el examen capilaroscópico. También en estos casos el examen Doppler, a pesar de evidenciar distintos falsos negativos, ha proporcionado útiles indicaciones. Para tal estudio se efectuó un análisis limitado a aquellos ejes arteriales que nutrían el territorio arteriolo-capilar en cuestión (FRANCESCHI, 1977).

Consideraciones

De cuanto se ha expuesto, parece evidente que la Doppler-flujometría representa un método diagnóstico muy sensible y de fiar que define con suficiente detalle las características circulatorias de un sector particular investigado. Se ha visto cómo mejor que otras técnicas logra dar información, aunque indirecta, acerca de la morfología y estructura de las arterias, tanto del sector en examen como de su parte proximal y distal, datos que en los pacientes con déficit circulatorio representa el objetivo principal, del cual depende en definitiva la decisión de un programa correcto de terapéutica. Por otra parte, dicha técnica se ha revelado como la instrumentación ideal para obtener información de las características físicas de las paredes de las arterias y sobre la modalidad y entidad de las eventuales compensaciones. A ello va unido la adaptabilidad a medir durante y después del ejercicio y la posibilidad de con-

seguir un registro permanente. Las flujometrías Doppler, además, prescindiendo del movimiento de la pared arterial, proporciona información sobre el movimiento de la sangre incluso en sujetos en estado de «shock», en niños y en pacientes con arteriosclerosis grave, todos casos en que no podemos basarnos en las pulsaciones de las arterias.

En la fase inicial del «screening» diagnóstico, también la reografía y la fotoplestismografía tienen su validez, aunque menor; sensibilidad que cae después dramáticamente, sobre todo la fotoplestismografía, cuando se desea obtener noticias sobre la especificidad del diagnóstico.

Creemos, pues, que podemos afirmar que un aparato de Flujometría Doppler puede constituir por sí solo un válido gabinete diagnóstico vascular, prescindiendo de otros métodos de más vieja concepción que, utilizados solos, se mantienen bien por debajo de los porcentajes de positividad del examen ultrasonográfico y que, por ello, no aumentan los niveles de información conseguidos.

Casos clínicos

A modo de ejemplo, aportamos algunos casos relativos a afecciones distintas de lugar, que representan una muestra de cuanto hemos expuesto.

Caso n.º 1 (fig. 1). Enfermo de 60 años. Claudicación intermitente derecha (200 metros) desde hace un año y medio.

La reografía y fotoplestismografía muestran una marcada disminución de los índices en la derecha. Índice de Winsor, 0,5 a la derecha y 0,9 a la izquierda.

Trazado Doppler. Alteraciones ya a nivel de la femoral derecha, donde se observa disminución de amplitud y aumento de longitud de la punta sistólica respecto al lado opuesto; ausencia de flujo inverso y de oscilaciones diastólicas, como de estenosis intensa u obstrucciones proximales. La mismas alteraciones se registran a nivel de la poplítea y tibiales derechas.

Arteriografía: Obstrucción completa de la iliaca común derecha (1a). Las ilíacas externa e interna se rehabilitan casi en su origen gracias a una rica circulación colateral.

Caso n.º 2 (figs. 2 y 3). Enfermo de 57 años. Claudicación intermitente (100 metros) a nivel de la pierna derecha, desde hace un año.

No se palpan la femoral, la poplítea y las tibiales derechas. Ausencia de lesiones tróficas.

La fotoplestismografía evidencia un trazado casi plano en la derecha y muy reducido en la izquierda. La reografía, un trazado con índice reducido en la derecha y casi normal en la izquierda. El índice de Winsor es de 0,6 en la derecha y de uno en la izquierda.

Los trazados Doppler muestran a nivel de la femoral derecha un registro monofásico con onda distólica reducida en amplitud en más del 50 % respecto a la contralateral y claramente lenta, con ausencia total de flujo invertido y oscilaciones en retardada diástole. Lo mismo, más evidente, se ve en poplítea y tibiales. El cuadro hace sospechar una lesión obstructiva por encima de la femoral derecha.

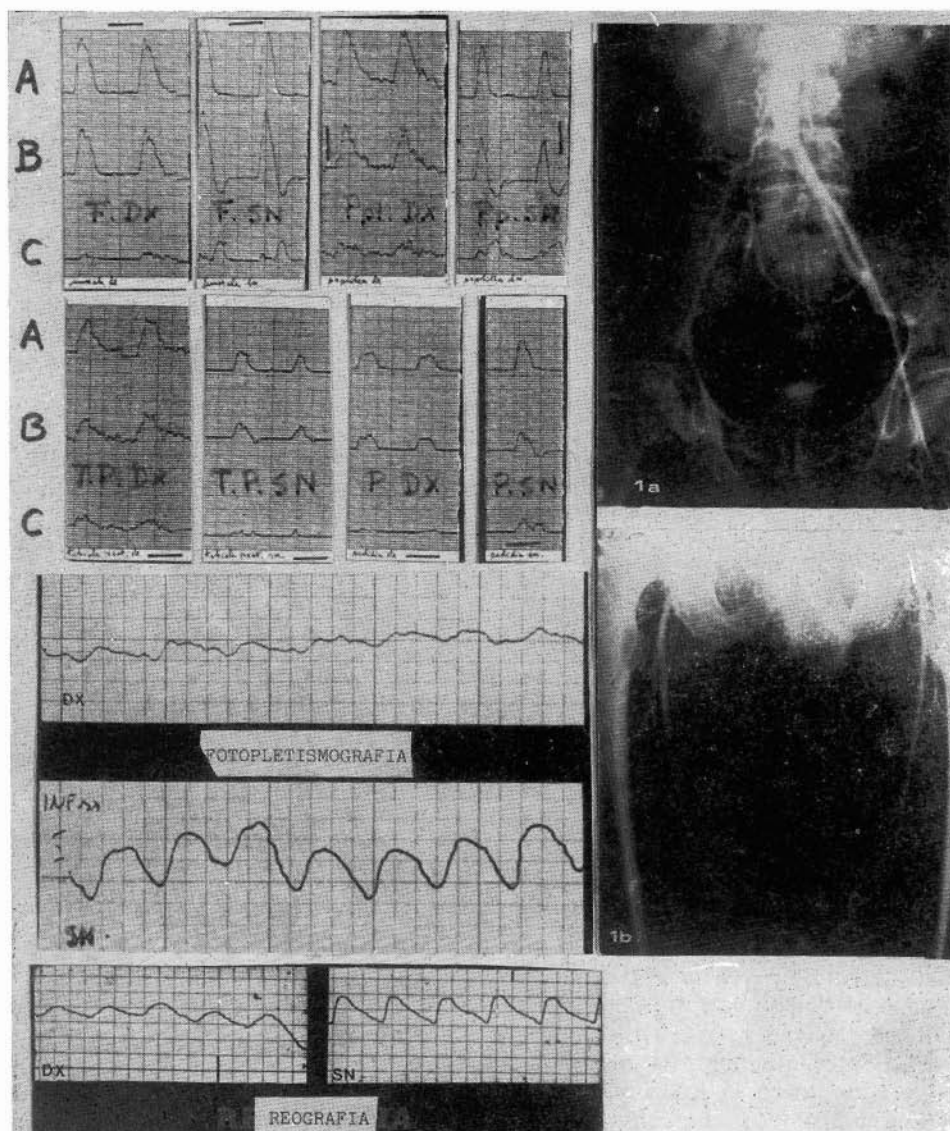


FIG. 1.— Arriba a la izquierda: Doppler-flujometría: A) Flujo anterógrado. B) Flujo diferencial. C) Flujo retrógrado.

F. Dx = Femoral derecha. F. SN. = Femoral izquierda. Ppl. Dx = Poplitea derecha, Ppl. SN. = Poplitea izquierda. T. P. DX = Tibial posterior derecha. T. P. SN. = Tibial posterior izquierda. P. DX = Pedia derecha. P. SN. = Pedia izquierda.

Caso n.º 1. (Estas abreviaturas sirven para todas las figuras sucesivas.)

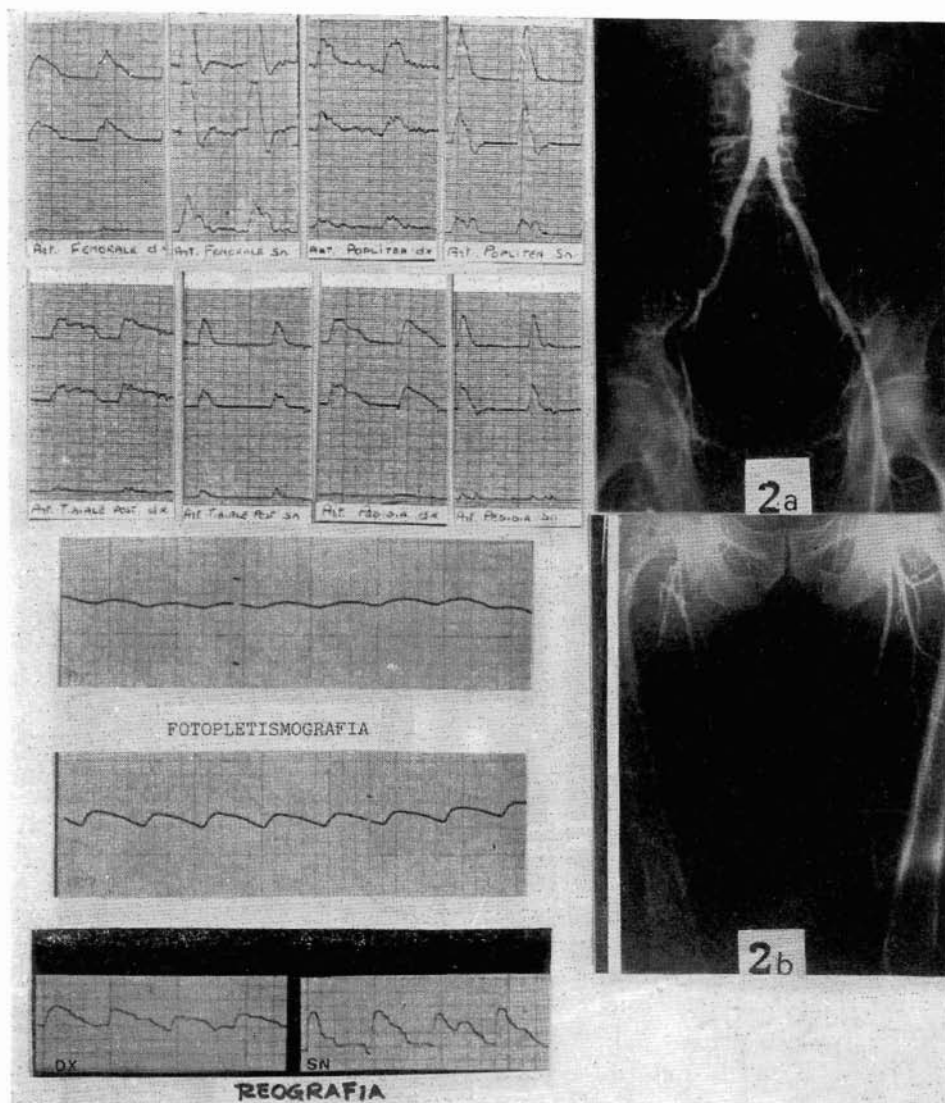


FIG. 2. — Caso n.º 2.

La contrastografía pone de manifiesto una obstrucción de la iliaca externa desde el origen hasta la femoral común, que se rehabita gracias a una circulación colateral de la iliaca interna (fig. 2, a y b).

Sometido a un «by-pass» ilio-femoral látero-lateral, a la hora de la intervención el Índice de Winsor ha pasado a 1,1, manteniéndose así hasta su salida del hospital.

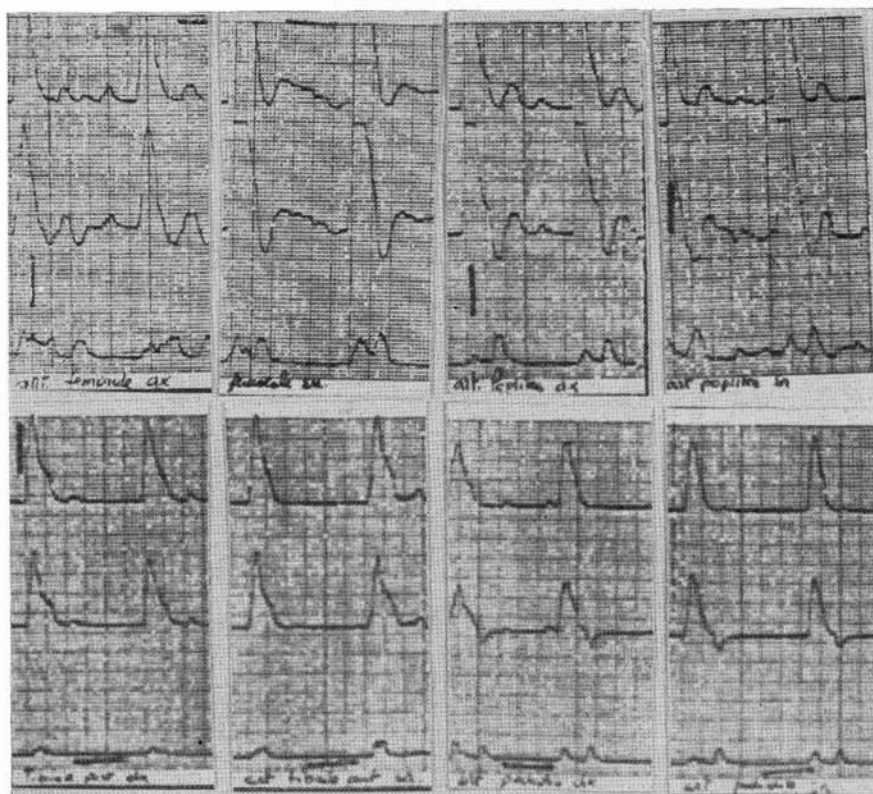


FIG. 3.— Caso n.º 2. Control postoperatorio.

El trazado a los cuatro días de la intervención (fig. 3) muestra un cuadro claramente mejorado respecto al precedente, con punta sistólica alta y prominente en la femoral derecha, presencia de flujo invertido y componente en diástole retardada. Igual mejoría se ha observado a nivel de la poplítea y tibiales.

Caso n.º 3 (fig. 4). Enfermo de 64 años. Manifiesta claudicación intermitente en la pantorrilla izquierda (150 metros), sensación de frialdad en pie del mismo lado y parestesias en los dedos de ambos pies, desde hace 6 meses.

La fotopletiemografía muestra en el lado derecho un trazado amplio, aunque algo alterado en la forma; en el izquierdo, onda esfígmica casi plana.

La reografía en lado derecho evidencia desaparición del componente dícroto con amplitud válida; en el izquierdo, déficit marcado del Índice reográfico. El Índice de Winsor es de 0,9 en la derecha y de 0,6 en la izquierda.

El trazado Doppler muestra reducción notable de los componentes diastólicos en la femoral izquierda, como por alteraciones distales al lugar de examen. En poplítea izquierda, la onda sistólica baja y amplia, la ausencia

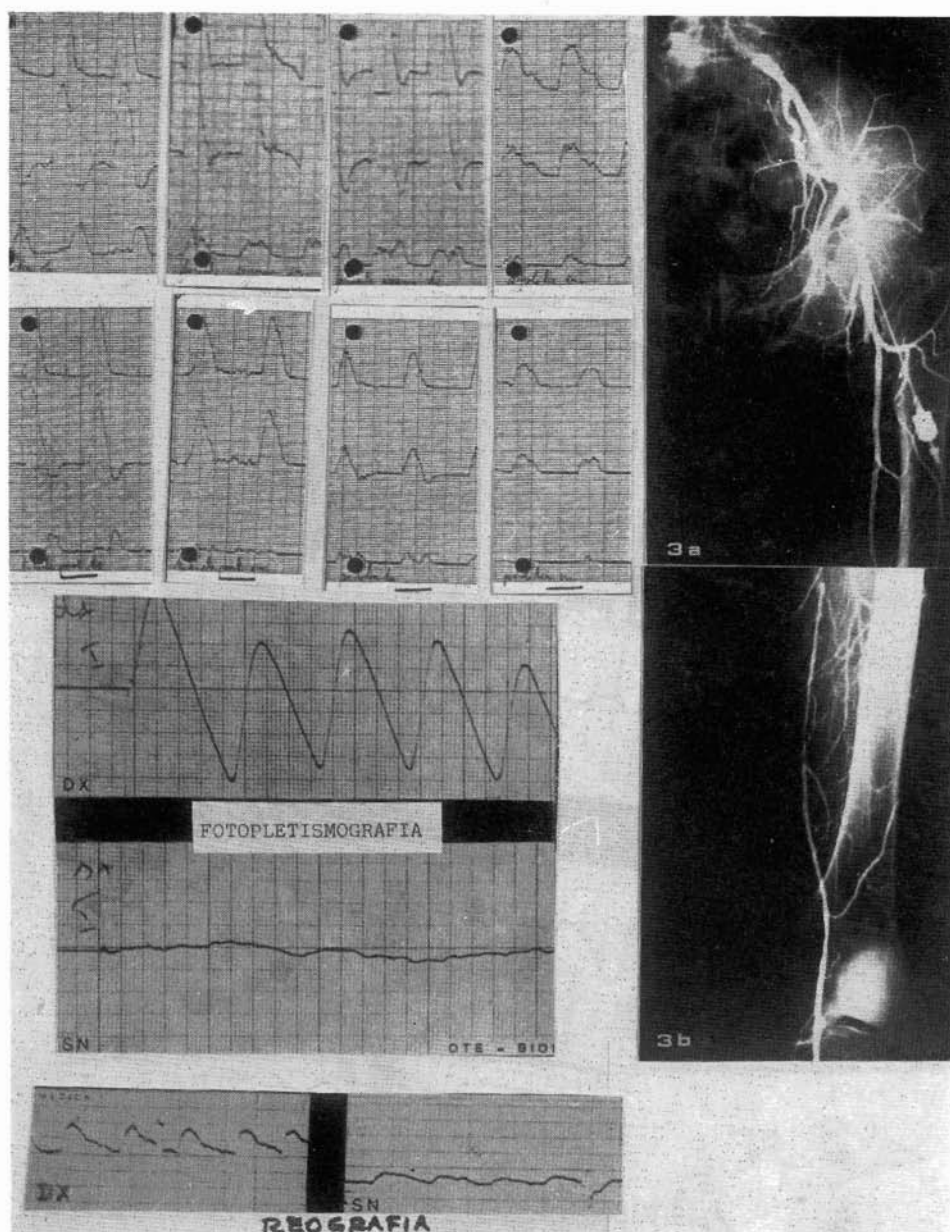


FIG. 4. — Caso n.º 3.

de flujo invertido y de oscilaciones en diástole retardada, indican lesiones obstructivas o estenóticas intensas proximales. También a nivel de las tibiales izquierdas se evidencia una clara forma monofásica en los registros respecto a los contralaterales.

La arteriografía pone de manifiesto una interrupción de la femoral superficial en su origen (fig. 4, 3a), que se reabilita a los 15 cm por medio de una rica circulación colateral procedente de la femoral profunda (fig. 4, 3b).

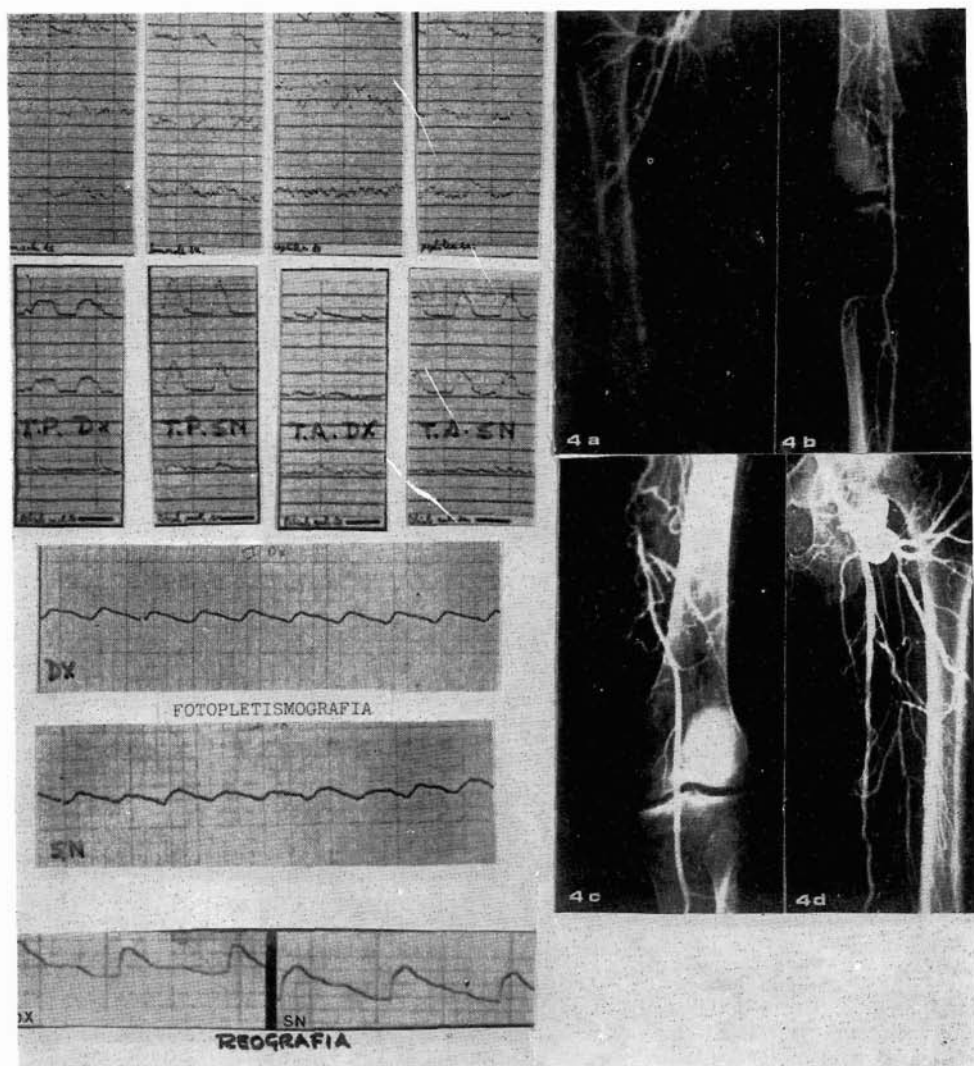


FIG. 5. — Caso n.º 4. T. P. DX = Tibial posterior derecha. T. P. SN = Tibial posterior izquierda. T. A. DX = Tibial anterior derecha. T. A. SN = Tibial anterior izquierda.

Caso n.º 4 (fig. 5). Enfermo de 53 años. Claudicación intermitente (50 metros) en pantorrillas y dolor en reposo con onicopatía difusa en miembros inferiores y numerosas manchas hemosiderósicas en el tercio medio e inferior de las piernas en ambos lados. La sintomatología se inició hace 3 años y se acentuó en los últimos 8 meses.

La fotoplefetismografía y la reografía muestran una reducción bilateral de los índices de registro. El Índice de Winsor era de 0,4 en la derecha y de 0,5 en la izquierda.

Los registros velocimétricos evidencian ya a nivel de las femorales una discreta alteración, más marcada a la derecha, tanto del componente sistólico como del diastólico, con eventualidad de una lesión distal lo mismo que proximal. Esta última era, no obstante, menos probable teniendo en cuenta la presencia de una evidente pulsatilidad. A nivel poplíteo las alteraciones aparecen aún más marcadas, configurando en especial a la derecha el cuadro de un flujo abajo de una lesión obstructiva. De igual modo degradados aparecen los trazados de las tibiales en ambos lados.

La arteriografía por punción directa de las dos femorales evidencia una obstrucción casi en el origen de las femorales superficiales (fig. 5, 4a-4d), con rehabilitación en la derecha cerca de 4 cm de la poplíteica (fig. 5, 4b) y en la izquierda a 10 cm de la misma gracias a una circulación colateral procedente de las femorales profundas.

Caso n.º 5 (fig. 6). Enfermo de 59 años. Claudicación intermitente (100 metros) a nivel de ambas piernas.

Pulso femoral izquierdo muy débil; ausente en los otros puntos de exploración; sistema pilífero escaso; onicopatía difusa.

La fotoplefetismografía muestra un déficit marcado, mayor en la derecha. Los trazados reográficos, por contra, casi idénticos en los dos lados, presentan una alteración de grado no muy elevado.

Los registros velocimétricos muestran en femorales una morfología de tipo monofásico con ausencia de los componentes diastólicos positivos y negativos, en tanto la onda diastólica no aparece degradada en exceso. A nivel poplíteo, en cambio, la clara reducción de amplitud del flujo sistólico, en especial a la derecha, es clara prueba de una circulación recanalizada abajo de la obstrucción. Las mismas alteraciones aparecen en las tibiales de ambos lados.

La arteriografía evidencia numerosas lesiones parietales a nivel de la aorta terminal y a cargo de las ilíacas externa e interna (fig. 6, 5a). Las femorales superficiales presentan un calibre notablemente reducido (fig. 6, 5b) y cerca de 15 cm del origen a la derecha y de 20 cm a la izquierda se interrumpen aproximadamente hacia la mitad de su trayecto (fig. 6, 5b) para rehabilitarse más abajo, siempre por medio de circulación colateral procedente de las femorales profundas.

Caso n.º 6 (fig. 7). Enfermo de 52 años. Claudicación intermitente (200 metros) en pantorrilla derecha y finas parestesias en pie desde hace dos meses.

Pulsos femorales válidos; poplíteica derecha algo más débil que la izquierda; las tibiales anteriores y posteriores derechas no palpables.

La fotoplefetismografía da un trazado casi plano en el lado derecho. El

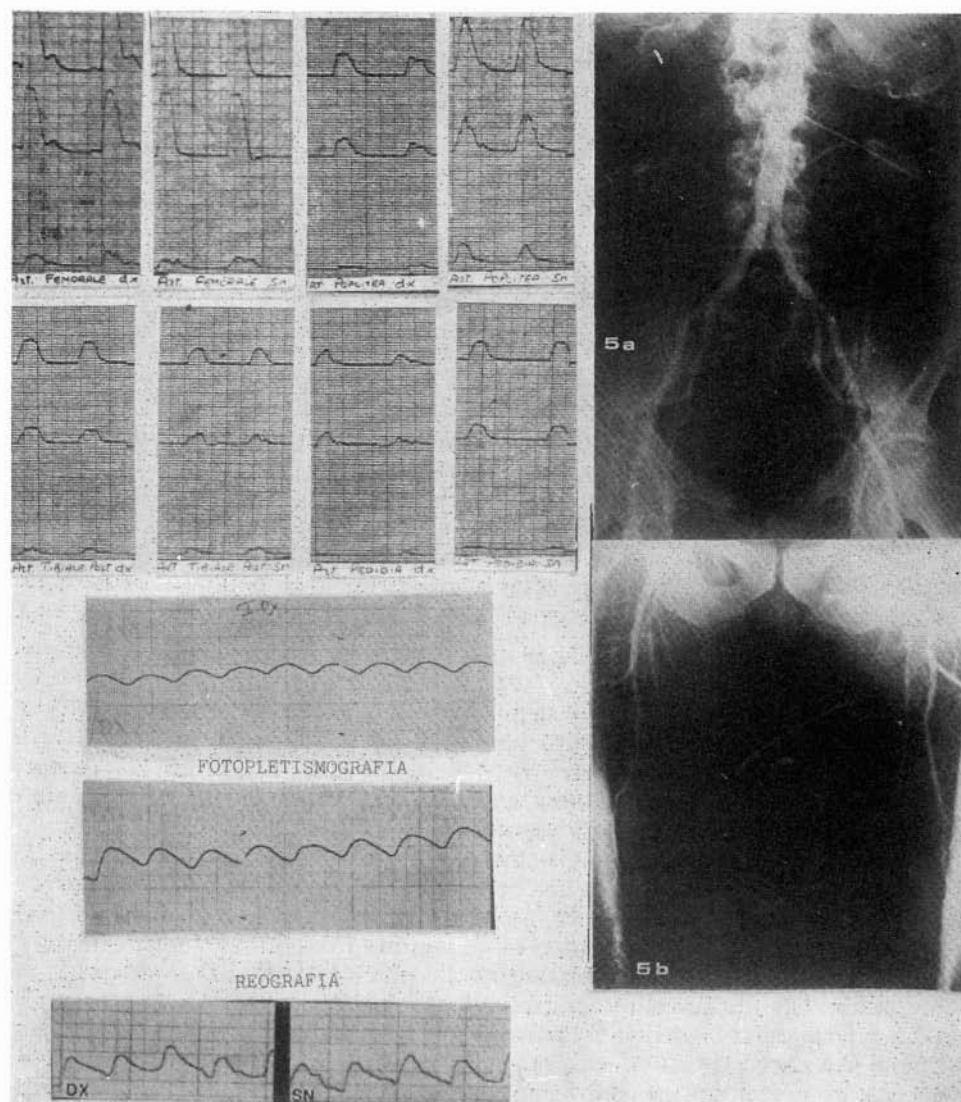


FIG. 6. — Caso n.º 5.

trazado reográfico derecho se muestra reducido en amplitud y alterado en su morfología en poco respecto al contralateral, donde también se ve un cierto aplanamiento de la onda dicota.

El registro Doppler de la femoral derecha, además de la ausencia del componente de diástole retardada, muestra el entero trazado algo destacado de la línea cero, indicativo por tanto de una lesión distal al lugar en examen.

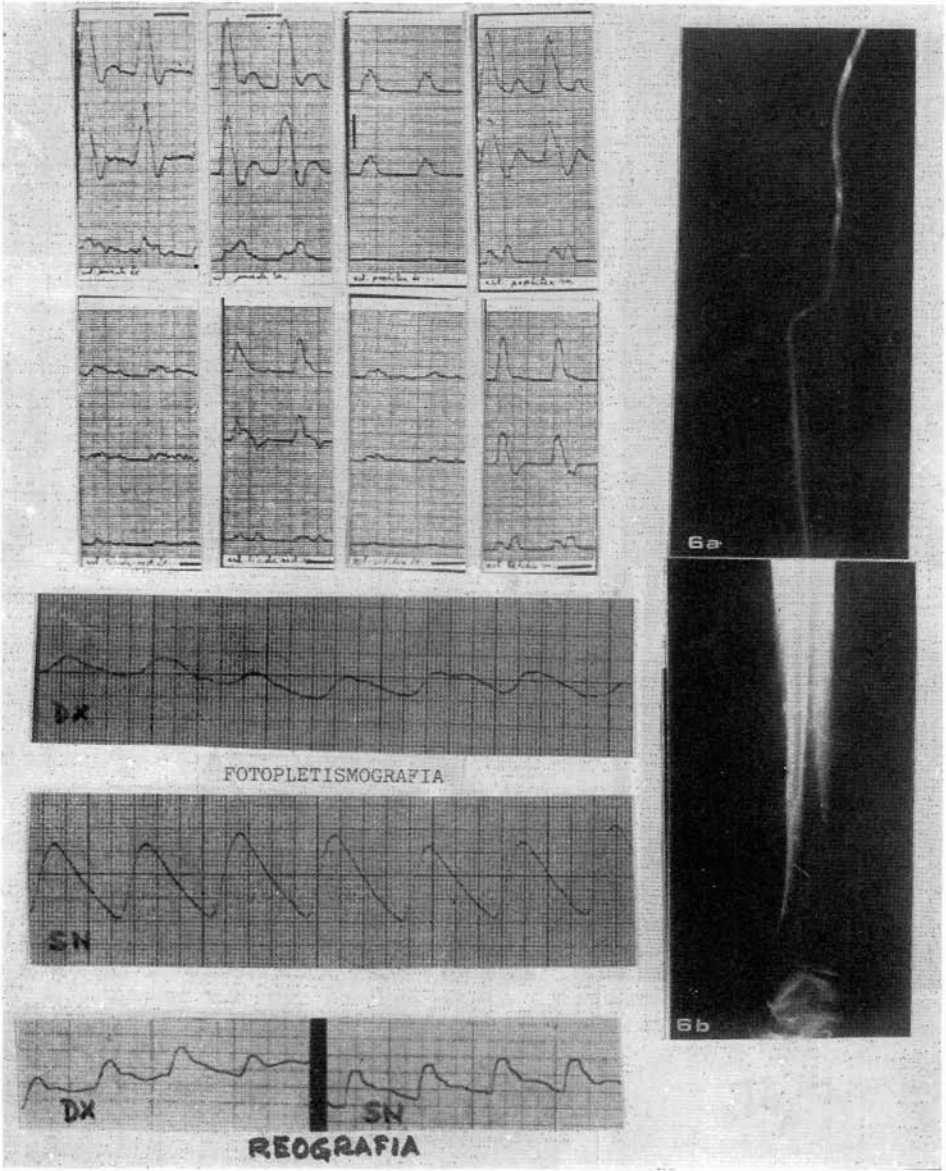


FIG. 7. — Caso n.º 6.

A nivel de la poplítea derecha la desaparición del flujo invertido y la notable reducción de la onda sistólica no parece dirigir hacia una patología proximal.

El notable empeoramiento de las tibiales, donde el trazado aparece casi plano con apenas un amago de actividad pulsátil es, empero, prueba de una alteración del sector vascular de la pierna.

La arteriografía manifiesta una buena permeabilidad de la poplítea con bloqueo en el origen del tronco tibio-peroneo y ausencia de visualización de todo su curso desde la tibial posterior y de la peronea (fig. 7, 6 a).

La tibial anterior se mantiene bastante válida hasta el tercio inferior de la pierna, donde se reduce súbitamente de calibre, volviéndose sutil y tortuosa (fig. 7, 6 b).

RESUMEN

Los autores aportan los resultados de una investigación efectuada sobre 258 pacientes afectos de arteriosclerosis ocluyente de los miembros inferiores sometidos a la Doppler-flujometría arterial.

Entre ellos han extrapolado 98 enfermos en los cuales se han practicado los siguientes exámenes: arteriografía, flujometría, reografía y fotopletiografía.

El análisis de los datos obtenidos con los métodos no agresivos (no invasivos) comparados a los evidenciados por la arteriografía han permitido revelar principalmente el papel de primer plano de la Doppler-flujometría. En términos de sensibilidad, especificidad y de definición topográfica, el examen velocimétrico ha demostrado una respuesta, respectivamente, del 98 %, 78 % y 82 %, claramente superior a la reografía y a la fotopletiografía.

Se concluye que tal investigación representa por sí sola un válido auxilio diagnóstico en el «screening» de las arteriopatías periféricas.

La alta sensibilidad en la identificación de una lesión y la capacidad de su definición topográfica, deja entrever la posibilidad de someter a la angiografía un número siempre más seleccionado de pacientes.

SUMMARY

Authors' experience on Doppler-ultrasounds on peripheral arteriosclerosis obliterans of the lower limbs is exposed and commented on. Results of this procedure are compared with the rheography and photoplethysmography, and verified by angiography. The authors conclude that the Doppler-Ultrasounds are a good diagnostical aid in the screening of peripheral arteriopathies, and moreover on occasions can avoid angiography and in addition is a non invasive procedure and of possible repetition.

BIBLIOGRAFIA

- ABURAHMA, A. F.; DIETRICH, E. B., y REILING, M.: Doppler testing in peripheral vascular occlusive disease. «Surg. Gyn. Obst.», 190:26, 1980.
BAKER, D. W.: Pulsed ultrasonic Doppler blood flow sensing. «Institute of Electrical and Electronics Engineers transaction of Sonics and Ultrasonics», 17:170, 1970.

- BARTOLO, M.: Le arteriopatie periferiche. «Medicina Illustrata». Ed. Il pensiero scientifico, n.º 40, 1979.
- BARNES ROBERT, W.: Noninvasive diagnostic techniques in peripheral vascular disease. «Am. Heart J.», 97:241, 1979.
- BREMER, B. J.; BRIEF, D. K., y ALPERT, J. et al.: Clinical usefulness of noninvasive arterial studies. «Contem. Surg.», 16:41, 1980.
- D'ALESSIO, T.; DI GIULIOMARIA, C.; SACCO, R., y CAVALLARO, A.: Flussimetri ad ultrasuoni ad onda continua: principi di funzionamento e loro applicazioni nello studio non invasivo del sistema arterioso periferico. «L'elettronica», 68: n.º 10, 1981.
- DOPPLER, C.: Ueber das farbige Licht der Doppelsterne un einiger anderer Gestirne der Himmels. Alchandlungen der Konigliche bohminschen Gesellschaft der Wissenschaften. «465, Prague», 1842.
- FELIX, W. R.; SIGEL, B., y POPKY, G. L.: Doppler ultrasound in the diagnosis of peripheral vascular disease. «Semin. Roentgenol.», 10:315, 1975.
- FRANCESCHI, C.: «L'investigation vasculaire par ultrasonographie Doppler». Ed. Masson, Paris, 1977.
- FRANKLIN, D. L.; SCHLEGEL, W., y RUSHMER, R. F.: Blood flow measured by Doppler frequency shift of back-scattered ultrasound. «Science», 134:564, 1961.
- GOSLING, R. G.: Doppler ultrasound assessment of occlusive arterial disease. «Practitioner», 220:599, 1978.
- CUAGLIANO, G., y BIANCHI, V.: «Semiotica Strumentale del Sistema Vascolare Periferico». Istituto Biochimico Italiano, Milano, 1972.
- LAABAN, J.: Morpho-Oscillographie et effet Doppler. «Angéiologie», 29:27, 1977.
- LIBONI, W.; DUCA, S.; SILVIO, G.; RIVADOSSI, G. A., y RUSCONI, E.: «Gli Ultrasuoni nella Patologia Vascolare». Ed. Minerva Medica, Torino, 1977.
- LIEBERMAM, J. S.: Instrumental methods in the study of vascular disease. «Am. Heart J.», 39:516, 1980.
- SATOMURA, S., y KANETO, Z.: Study of the flow patterns in peripheral arteries by ultrasonics. «J. Acoust Soc. Japan», 15:151, 1959.
- SONICAID Ltd.: Doppler Evaluation of Peripheral Arterial Disease: a Clinical Handbook. West Sussex England, 1978.
- STRANDNESS, Jr.: The use of ultrasound in the evaluation of peripheral vascular disease. «Prog. Cardiovasc. Dis.», 20:403, 1978.
- WAXHAM ROBERTH, D.: Doppler ultrasound. «Radiology today», 213:990, 1980.
- WINSOR, T.: The influence of arterial disease on the sistolic blood pressure gradients of the extremity. «American J. Med. Science», 220:117, 1950.