

# Valoración no invasiva de obstrucción venosa. Reflujo y función de la masa muscular de la pantorrilla mediante el pletismógrafo de aire

M. León - D. Christopoulos - N. Volteas - N. Labropoulos - A. N. Nicolaides

Irvine Laboratory for Cardiovascular Investigations and Research  
Academic Surgical Unit. St. Mary's Hospital  
London (Inglaterra)

## RESUMEN

Se presenta un estudio del uso del Pletismógrafo de aire en el estudio de las oclusiones venosas, comparado con otros procedimientos no invasivos, detallando los distintos hallazgos.

## SUMMARY

An study about the use of Air Pletismography on venous occlusions is presented. Also, a comparison between Pletismography and others non-invasive methods was made.

## Introducción

El médico se encuentra a menudo con extremidades dolorosas, edematosas o ulceradas que requieren respuesta a tres fundamentales preguntas: primero, saber si existe patología venosa o no; segundo, si la enfermedad venosa existente compromete el sistema venoso superficial o profundo; y tercero, si el problema es el resultado de obstrucción venosa, reflujo o una combinación de los dos. Por lo tanto, una cuantitativa y detallada información es necesaria para establecer el correcto diagnóstico y futuro tratamiento.

Edema crónico, lipodermatosclerosis, pigmentación o ulceración de

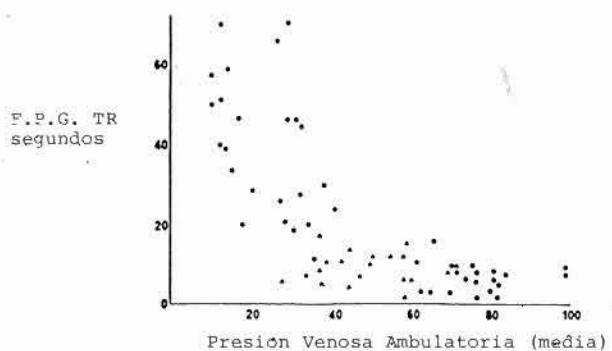
la extremidad inferior debido a enfermedad venosa crónica afecta a un considerable número de pacientes. En el Reino Unido se calcula que medio millón de pacientes sufren de esta enfermedad, 150.000 de los cuales presentan ulceración (1, 2). Se ha estimado que el Servicio Nacional de Salud gasta entre 200 y 400 millones de libras al año en tratamientos. En recientes años este problema social ha estimulado la evolución de la Cirugía Vascular para el tratamiento de insuficiencia valvular y trombosis venosa (3-7). Sin embargo, la ausencia de un satisfactorio método para la correcta selección de pacientes para cirugía y la eval-

uación de los resultados postoperatorios parecen ser las razones por las cuales la cirugía de las venas profundas está aún en estado experimental.

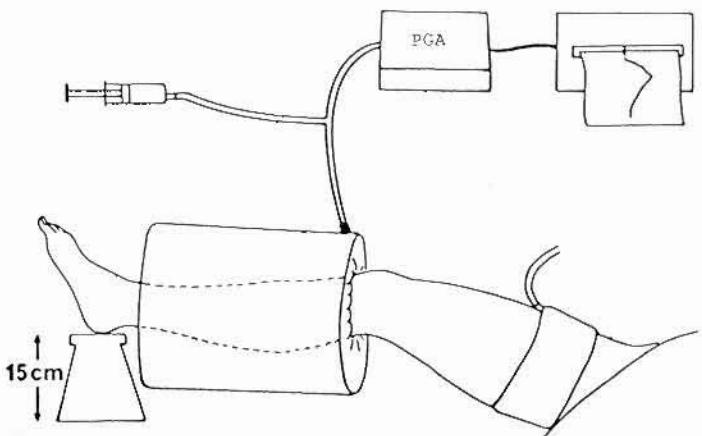
La flebografía y la presión venosa ambulatoria (8) son investigaciones ya establecidas; sin embargo, estos métodos son caros, invasivos, consumen mucho tiempo y no están exentos de complicaciones. Por otro lado, la información obtenida no es totalmente completa. La flebografía provee principalmente detalles anatómicos, mientras que la presión venosa ambulatoria de una idea global de la severidad de la enfermedad, pero ninguno de estos métodos da suficiente información para poder determinar cuánto del problema es el resultado del reflujo, obstrucción venosa o reducción de la capacidad de bombeo de la masa muscular de la pantorrilla.

En recientes años, técnicas no invasivas han intentado reemplazar los métodos descritos arriba. La fotopletismografía (9) diferencia extremidades normales de extremidades con insuficiencia venosa, sea superficial o profunda (Fig. 1). Sin embargo, en algunos casos la flebografía es aún necesaria (10).

El «Strain Gauge» Pletismógrafo (11, 12, 13) da información cuantitativa solamente de un segmento de la extremidad (14). El inconveniente de esta técnica radica, principalmen-



**Fig. 1 - Correlación entre Presión Venosa Ambulatoria (PVA) y Fotoplettismografía 90%. Tiempo de Recuperación (TR 90). Notese que para PVA entre 45 y 80 mmHg el Fotoplettismógrafo 90% permanece en el mismo anormal rango 1-5 seg. (10).**



**Fig. 2 - El Pletismógrafo de Aire consiste en una cámara de aire que rodea toda la pantorrilla; la jeringuilla de calibración (c) conecta al transductor de presión, amplificador e impresor. Notese la posición del torniquete para ocluir el drenaje venoso.**

te, en que no puede ser usado durante los cambios posturales ya que los movimientos del tejido interfieren con las mediciones (15).

El «doppler ultrasound» (16) y «duplex scanning» (17) han mostrado ser buenos métodos en la detección de reflujo y obstrucción en venas individuales. Sin embargo, los resultados son dependientes de la habilidad del técnico y no da información de la severidad de la obstrucción al dre-

naje venoso o de la eficacia de la circulación colateral.

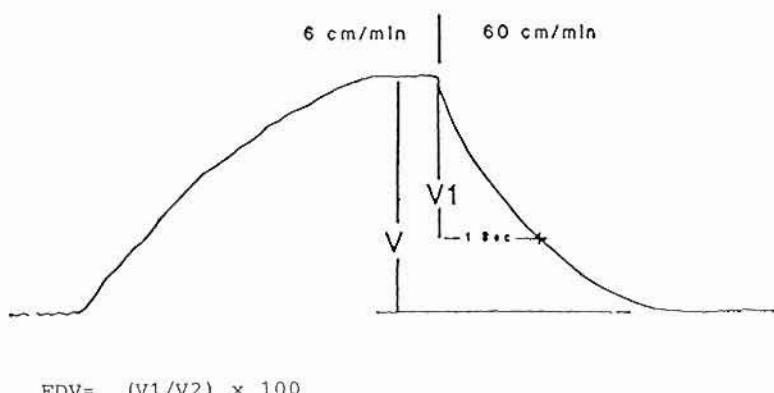
El Pletismógrafo de Aire (PGA), usado experimentalmente en el pasado (18, 19), ha sido recientemente desarrollado para reemplazar métodos invasivos en la investigación de casos complicados (20). Como resultado, este «test» no invasivo da información cuantitativa del reflujo venoso (21), del grado de obstrucción (22) y de la capacidad de bombeo

de la masa muscular de la pantorrilla (23).

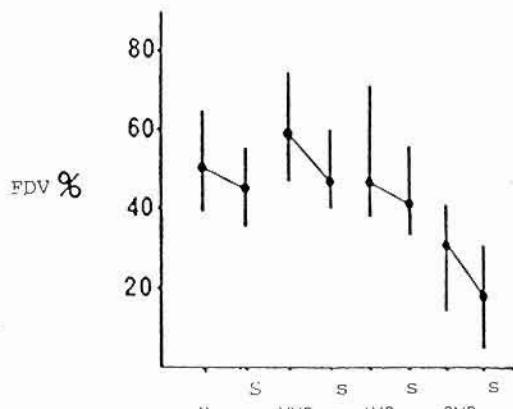
### El Pletismógrafo de Aire y su calibración

El Pletismógrafo de Aire consiste en una cámara plástica inflada con aire (5 litros de capacidad y 6 mmHg de presión) que rodea toda la pierna y va conectada a un transductor de presión, impresor y amplificador (Fig. 2). Con el paciente en decúbi-

#### Fracción de Drenaje Venoso



**Fig. 3 - Típica grabación de oclusión venosa con el Pletismógrafo de Aire. Durante la fase de llenado venoso la velocidad de la grabación ha sido lenta 6 cm/min. y en la fase de drenaje venoso la velocidad ha sido aumentada 60 cm/min. La Fracción de Drenaje (FD) se deduce de la fórmula  $FDV = (V1/V2) \times 100$ .**



**Fig. 4 - Mediciones de la Fracción de Drenaje Venoso (FDV) en 4 grupos de extremidades presentada como media y 95% variación (26), antes y después de oclusión de las venas superficiales.**

N: Extremidades normales.

VVP: Extremidades con venas varicosas primarias.

IVP: Extremidades con incompetencia del sistema profundo.

OVP: Extremidades con obstrucción venosa profunda.

S: Oclusión de venas superficiales.

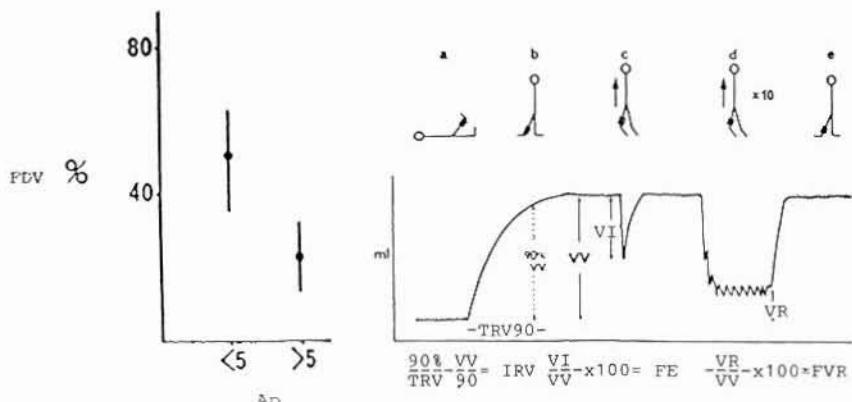
to supino, la rodilla ligeramente flexionada y el talón apoyado sobre un soporte de 25 cm., para asegurar inmovilidad, la cámara es inflada con aire a 6 mmHg. La calibración es obtenida mediante la introducción de 100 extra cc de aire, los mismos que posteriormente se retiran, y es utilizada como referencia para efectuar los respectivos cálculos.

La presión de 6 mmHg ha sido seleccionada porque asegura buen contacto entre la cámara de aire y la extremidad con mínima compresión de las venas. Los movimientos de tejido durante los cambios de postura y ejercicio son poco probables que interfieran con las mediciones, porque la cámara plástica incluye todos los tejidos desde la rodilla hasta el tobillo.

## Evaluación de drenaje venoso

Con el paciente en la posición previamente indicada, se coloca un torniquete de 11 cm. de ancho en la parte más alta del muslo y se infla hasta 80 mmHg. Como resultado de esta maniobra se observa un incremento en volumen (Fig. 3). Cuando el volumen máximo es alcanzado, el torniquete es súbitamente desinflado al tiempo que se aumenta la velocidad de la impresión. El volumen de sangre que sale de la extremidad en el primer segundo (VI) sobre el total del volumen venoso (VV), multiplicado por 100, es la fracción de drenaje venoso (FDV) expresada como un porcentaje; el procedimiento es repetido con la vena safena y/o otras prominentes venas ocluidas con un solo dedo.

En extremidades con venas profundas normales la fracción de drenaje venoso es más de 40% (entre 40-70%) (Fig. 4) (22). Extremidades con obstrucción venosa crónica del sistema profundo, demostrando con flebografía, tienen un FDV entre 35-38%, el mismo que es reducido después de ocluir el sistema veno-



**Fig. 5 - Mediciones de Fracción de Drenaje Venoso (FDV) como media y 95% de variación en 15 extremidades con reflujo en venas profundas pero no obstrucción (diferencia de presión entre el brazo y la pierna  $p < 5$  mmHg) y 8 extremidades con obstrucción venosa profunda comprobada con flebografía ( $p > 5$ ).**

**Fig. 6 - Representación diagramática de una grabación típica de los cambios de volumen durante una estandarizada secuencia de cambios posturales y ejercicio. Paciente en decúbito supino con la extremidad elevada 45 grados (a); paciente de pie con el peso del cuerpo en la pierna que no está siendo examinada (b); un solo movimiento de puntillas (c); diez movimientos en puntillas (d); VV Volumen Venoso Funcional; TRV90 Tiempo de Relleno Venoso 90. VI=Volumen Impulsado; VR=Volumen Residual.**

so superficial. Esta maniobra no solamente es útil en el diagnóstico de casos dudosos sino que también demuestra si cualquier vena dilatada está actuando como colateral y sobrepasando la obstrucción, la misma que el cirujano no debería ligar.

La Fracción de Drenaje Venoso obtenida con el pletismógrafo de aire está muy bien correlacionada con la valoración invasiva de la severidad de la obstrucción venosa obtenida midiendo la diferencia de presión entre el brazo y la pierna mediante la canulación de una vena en el dorso pie y el antebrazo, cuando el paciente está en decúbito supino (Fig. 5) (7, 20). Para propósitos prácticos, nosotros consideramos que no hay obstrucción venosa funcional cuando el FDV es más del 40%, moderada obstrucción para FDV del 30-39% y severa obstrucción para FDV menor del 30%.

## Evaluación de reflujo venoso

Para la evaluación del reflujo venoso, el paciente debe estar en decúbito supino con la extremidad a

examinar elevada (45 grados) para vaciar las venas; luego de obtener la calibración, el paciente se pone de pie con el peso del cuerpo principalmente en la otra extremidad, como resultado de esta maniobra un incremento en volumen es observado debido al llenado venoso (Fig. 6). En extremidades normales el volumen venoso funcional (VV) es entre 100 y 150 ml, pudiendo llegar hasta 350 ml. en extremidades con insuficiencia venosa (18, 21).

El 90% del Total del Volumen Venoso dividido por el 90% del tiempo (Tiempo de Relleno Venoso TRV 90) es definido como el Índice de relleno venoso y es calculado con la siguiente fórmula:

$$\text{IRV} = \frac{90\% \text{ VV}}{\text{TRV } 90}$$

(Fig. 6); ésta es la valoración del relleno de las venas expresado en ml/sec. IRV es menor de 2 ml/sec. en extremidades normales ya que el llenado se produce lentamente desde la circulación arterial. El índice de relleno venoso está incrementado

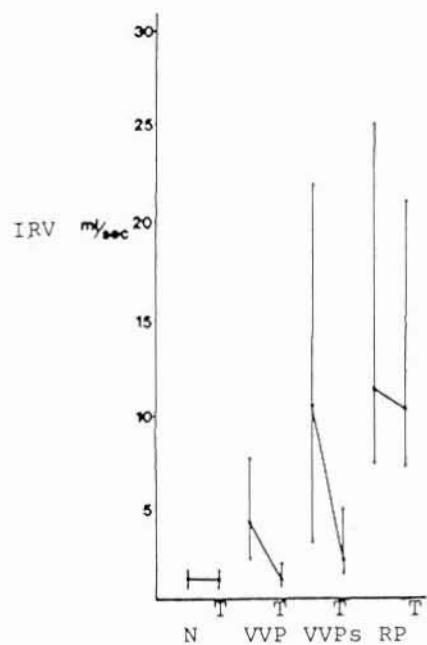


Fig. 7 - Mediciones del Índice de Relleno Venoso (IRV) en cuatro grupos de extremidades presentado como media y 90% variación (26).

N: Extremidades normales.

VVP: Venas varicosas primarias sin secuela de enfermedad venosa crónica (liposclerosis y ulceración).

VVP/S: Venas varicosas primarias con secuela de enfermedad venosa crónica.

RP: Extremidades con reflujo en vena poplítea.

hasta 30 ml/sec en extremidades con marcado reflujo (Fig. 7).

En extremidades sin obstrucción al drenaje venoso, determinado mediante flebografía, se ha comprobado que existe una directa relación entre la incidencia de ulceración y el incremento en el IRV. Esta es 0 para IRV menor de 5 ml/sec, 46% para IRV 5-10 ml/sec. y 58% para IRV mayor de 10 ml/sec., indistintamente si el reflujo es en las venas superficiales o profundas (21).

Mediante la compresión digital o utilizando un torniquete muy delgado, las venas safena externa e interna pueden ser ocluidas, produciendo de esta manera una supresión del reflujo; esta variación puede ser fácilmente calculada nuevamente con el IRV, el mismo que es reducido a menos de 5 ml/sec en extremidades con venas varicosas y com-

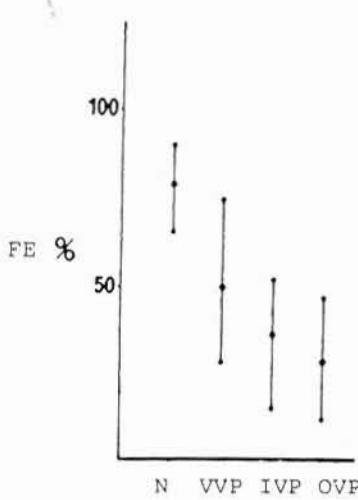


Fig. 8 - Fracción de eyección (FE) como media y 90% de tolerancia) en extremidades normales (N), extremidades con venas varicosas primarias (VVP), incompetencia venosa profunda (IVP) y obstrucción venosa profunda (OVP).

petentes válvulas en el sistema profundo, pero no en extremidades en las cuales el reflujo es en la vena

poplítea (24). La supresión del reflujo ha sido también demostrada después de cirugía convencional de varices (25).

### Evaluación de la capacidad de eyección de la bomba muscular de la pantorrilla

La cantidad de sangre impulsada de las venas de la pantorrilla como resultado de una simple contracción muscular puede ser cuantificada; midiendo la disminución en volumen después de un simple movimiento de puntillas, el volumen de sangre impulsado (VI) es aproximadamente 100 ml en extremidades normales y en la mayoría de extremidades con venas varicosas. Extremidades con patología del sistema profundo expulsan menos (por debajo de 20 ml) debido a la obstrucción de venas profundas o reflujo vía de venas perforantes incompetentes (20-23).

La fracción de eyección (FE) de la bomba muscular de la pantorrilla es derivada de la fórmula:  $FE = (VI/VV) \times 100$ . La FE es más de 60% en extremidades normales y baja hasta 10% en extremidades con obstrucción venosa profunda (Fig. 8).

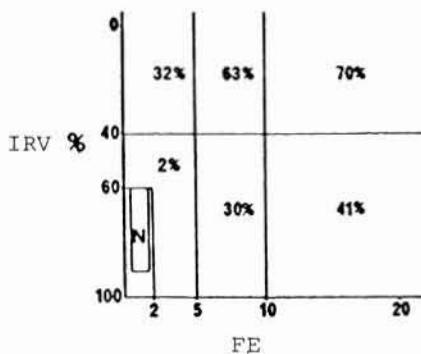


Fig. 9 - La incidencia de ulceración en relación con el Índice de Relleno Venoso (IRV) y la Fracción de Eyección (FE) de la masa muscular de 175 extremidades con patología venosa.

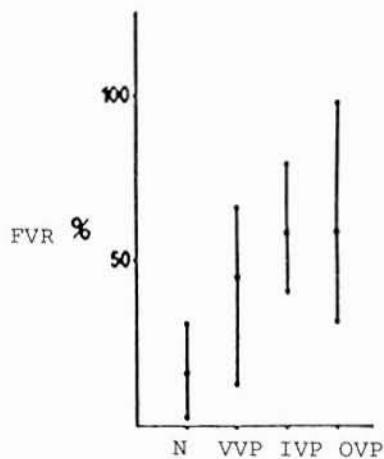


Fig. 10 - Fracción de Volumen Residual (FVR) (media y 90% de tolerancia), en extremidades normales (N), extremidades con venas varicosas primarias (VVP), incompetencia venosa profunda (IVP) y obstrucción venosa profunda.

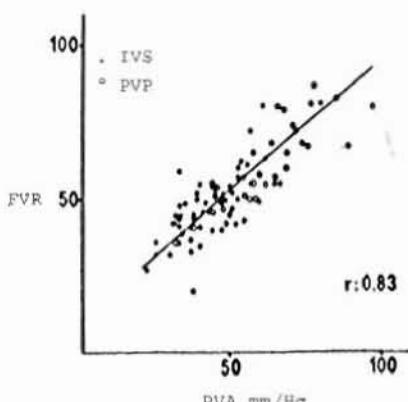


Fig. 11 - Relación entre la Fracción de Volumen Residual (FVR) y Presión Venosa Ambulatoria (PVA) al final de 10 movimientos en puntillas (● extremidades con insuficiencia venosa superficial, ○ extremidades con patología venosa profunda).

La incidencia de ulceración venosa está también correlacionada con la FE, como se muestra en la Figura 9. Una pobre FE fue la causa primaria de ulceración venosa en extremidades con mínimo reflujo. Una buena fracción de eyeción, reduce sin embargo significativamente la incidencia de ulceración en extremidades con marcado reflujo.

### Evaluación global de la bomba muscular de la pantorrilla

El efecto combinado de reflujo venoso, obstrucción y capacidad de bombeo, la masa muscular de la pantorrilla es evaluado midiendo el volumen residual (VR) y la fracción residual de volumen con la fórmula:  $FVR = (VR/VV) \times 100$ , después de 10 movimientos de puntillas, a una frecuencia de uno por segundo (Fig. 6). Los valores de FVR son demostrados en la Figura 10. La FRV correlaciona bien con la medición invasiva de presión venosa ambulatoria ( $r=0.81$ ) obtenida mediante la canalización de una vena en el dorso del pie, por lo tanto esta última puede ser evaluada en forma no invasiva (Fig. 11) (18-21). La FRV está bien correlacionada con la incidencia de

Tabla 1  
La incidencia de ulceración en relación con la fracción de volumen residual en 175 extremidades con patología venosa

n	FVR (%)	Incidencia de ulceración (%)
20	<30	0
24	21-40	8
48	41-50	18
43	51-60	42
32	61-70	72
8	>80	88

Tabla 2

Reproducibilidad del Pletismógrafo de Aire (una extremidad normal, tres extremidades con venas varicosas primarias y una extremidad con patología venosa profunda, estudiada en cinco diferentes días)

Mediciones	Coeficiente de Variación (%)
VV (ml)	10,8-12,5
TRV90 (seg)	8,0-11,5
VI (ml)	6,7-9,4
VR (ml)	6,2-12,0
IRV (ml/seg)	5,3-7,9
FE (%)	2,9-9,7
FVR (%)	4,3-8,2

ulceración. Así, por ejemplo, ésta es 0 para  $FVR < 30\%$  y aumenta gradualmente hasta 88% en pacientes en los cuales la FVR es  $> 80\%$  (Tabla 1).

### El valor y potencial de Pletismógrafo de aire

Cualquier parte de este «test» puede ser fácilmente realizado en 10-15 minutos con excelente tolerancia por parte del paciente y mínimo entrenamiento del técnico. Aunque el PGA puede ser usado como una simple prueba, tienen el potencial de poder ofrecer un completo análisis hemodinámico del sistema venoso, siendo útil en el diario manejo de

pacientes tanto como en investigación.

Extremidades con edema o ulceración de origen linfático, cardíaco o reumatoideo, pueden ser fácilmente diferenciados de aquellas con patología venosa (24). También en los casos complicados en los cuales hay una combinación de patología tanto arterial como venosa, el porcentaje de compromiso venoso puede ser medido de una manera precisa.

Extremidades con insuficiencia venosa superficial pueden ser distinguidas de aquellas con insuficiencia venosa profunda. Por otro lado, en extremidades con grandes venas varicosas se puede detectar si éstas

actúan como vías colaterales de drenaje.

Enfermedad venosa profunda es usualmente el resultado de un combinado efecto de reflujo, obstrucción y pobre capacidad de eyección de la bomba muscular de la pantorrilla. Utilizando el PGA puede ser determinada la contribución de cada compartimento y la apropiada intervención quirúrgica para cada paciente.

La supresión de reflujo venoso superficial ha sido ya demostrado que normaliza la bomba muscular de la pantorrilla (23). Una de las ventajas del PGA es que puede ser aplicado sobre medias elásticas. Ha sido demostrado que las medias elásticas reducen la fracción de volumen re-

sidual, (y consecuentemente la presión ambulatoria) en aproximadamente un 20-30% y que éste es el resultado de la disminución del reflujo y del incremento en la fracción de eyección (20). La habilidad del PGA para valorar diferentes tipos de compresión elástica ha abierto nuevas perspectivas en la investigación.

Como se muestra en la Tabla II, la reproducibilidad del PGA es tal que cualquier cambio en la hemodinámica venosa, como resultado del tratamiento, puede ser detectada siempre que sea más de 10%.

El PGA se usa en nuestro hospital en la investigación de todos los casos en los cuales la exploración clínica y el doppler portátil es insuficiente para dar un claro diagnóstico.

co. El uso de PGA combinado con el «Doppler ultrasound» o «duplex scanning» (si es disponible), para localizar los sitios de incompetencia (16-17) significa que la flebografía en la enfermedad venosa crónica es ahora indicada sólo en pacientes considerados para cirugía de las venas profundas.

**NOTA:** Contiene 26 citas bibliográficas, que pueden solicitarse de los Autores.

\* Pletismógrafo de aire:  
ACI Medical Incorporated  
9249 Glenoaks Bl. Sun Valley, CA 91352  
U.S.A.