

Bombas impulso-aspirativas de los miembros inferiores

Eugenio Oscar Brizzio

Presidente de la Sociedad Argentina de Flebología y Linfoflogía
Director de la Escuela Argentina de Flebología de Graduados
Buenos Aires (Argentina)

RESUMEN

El flujo venoso en dirección cardíaca de los Miembros Inferiores es impulsado durante la actitud de marcha por la bomba plantar, articular, muscular y poplítea. Las tres primeras actúan sinérgicamente conformando una bomba funcional y correlativa que denomino: Bomba Venomúsculo-articular.

Se describen las características de cada una de estas bombas y las implicancias fisiopatológicas que derivan de su alteración, y la composición y acción de la bomba perforante, aponeurótica y cutánea.

SUMMARY

Lower limbs flow towards heart is impelled by plantar, articular, muscular and popliteal pump. The three first are synergic. Its characteristics and physiopathological implications are described.

Introducción

Los componentes hemocinéticos que aseguran el retorno de la sangre venosa al corazón entran en juego progresivamente de acuerdo a la actitud gravitacional que asume el ser humano. Es decir, en un sujeto en actitud horizontal, la circulación de retorno se efectúa sin dificultad, la presión venosa a nivel del tobillo es de: 13 cm H₂O, la propulsión está asegurada por una fuerza dinámica nacida del gradiente de presión ofrecido por la «vis-a-tergo» y la «vis-a-fronte», la deformación del depósito venoso está controlada por el tono vasomotor de las venas distales y esplácnicas

y la elasticidad de las venas proximales secundadas por la contracción de los tejidos perivenosos. Cuando el sujeto pasa de la horizontal a la vertical, quieto, pone en juego la acción que la gravedad ejerce en la nueva distancia que hay entre la aurícula derecha y el suelo, pasando de 13 a 120 cm H₂O, en consecuencia se ponen en marcha una serie de mecanismos que actúan fundamentalmente en la capacitancia del circuito. Pero esto no es suficiente, es necesario que el sujeto parado pase al movimiento para que éste impulse la columna venosa siendo capaz de vencer efectivamente la fuerza

gravitacional. Entra en juego, entonces, un conjunto de bombas que llamo impulso-aspirativas, que tienen por finalidad movilizar la sangre venosa desde la planta del pie hasta el muslo, nivel influenciado por la acción de la «vis-a-fronte», siendo ésta la encargada de volcar la sangre en la aurícula derecha.

Estas bombas impulso-aspirativas son estructuras funcionales que tienen como característica no solamente la de impulsar la sangre que sale de ellas sino también aspirar la que llega a ellas, es decir, acelera lo que llega y lo que sale.

Para comprender esto debemos concatenar una serie de situaciones:

1. Están insertadas en una columna de sangre continua y no son el comienzo de la columna, en cuyo caso serían solamente impulsoras.
2. El aparato venoso es valvulado, es decir, está direccionado hacia el corazón.
3. En consecuencia toda compresión extrínseca sobre el mismo genera una aceleración de la columna únicamente en forma centrípeta, por su valvulación. Es la fase de impulsión.
4. En el lugar del impacto se produce una disminución del contenido venoso, en consecuencia origina un gradiente de presión con respecto al segmento que llega, este gradiente genera una aspiración acelerando la columna que llega. Es la fase aspiratoria.

Objetivos

El objetivo del presente trabajo es describir las bombas impulsos-aspirativas que actúan en el movimiento, ellas son: la bomba plantar, la bomba articular, la bomba muscular, la bomba poplitéa y un concepto sinérgico funcional: la bomba veno-músculo-articular.

Describiremos también tres bombas complementarias que actúan generando gradientes de presión y son: la bomba cutánea, la bomba aponeurótica y la bomba perforante.

Haremos un comentario sobre aquellas dificultades anatómicas al retorno venoso que como consecuencia del movimiento se convierten en bombas impulsos-aspirativas, a saber: a nivel poplítico, a nivel inguinal, a nivel ilíaco.

Desarrollo

En este desarrollo describiremos por separado cada una de estas entidades:

A) Bomba plantar

Representada por: la suela venosa de Lejards y el conjunto de estructuras del pie que armonizan con la misma.

Si pensáramos que toda la sangre arterial termina en la planta del pie como el punto más distal al corazón, entraríamos en un reduccionismo fisiológico puesto que todo el sistema arterial, a través del capilar, se continúa con el sistema venoso en todos los niveles del cuerpo. Pero también es cierto que la planta del pie es una estructura anatomo-funcional que por sus características se carga de un volu-

men importante de sangre que resulta impulsada como efecto de la descarga corporal sobre la misma.

Quisiera llevar a la reflexión del lector que esta suela venosa es una estructura única y diferente del resto de las estructuras orgánicas. Si por un momento nos detenemos a reflexionar que soporta el impacto de la descarga corporal y que a pesar de ello se mantiene vital y no es destruida ni por las superficies externas con las que contacta, ni por las estructuras internas (aparato óseo del pie), llegaremos a la conclusión de que debe de tener propiedades muy particulares que le permiten sobrellevar esta situación sin alterarse.

La suela venosa de Lejards es una estructura anatomo-funcional que tiene por característica el con-

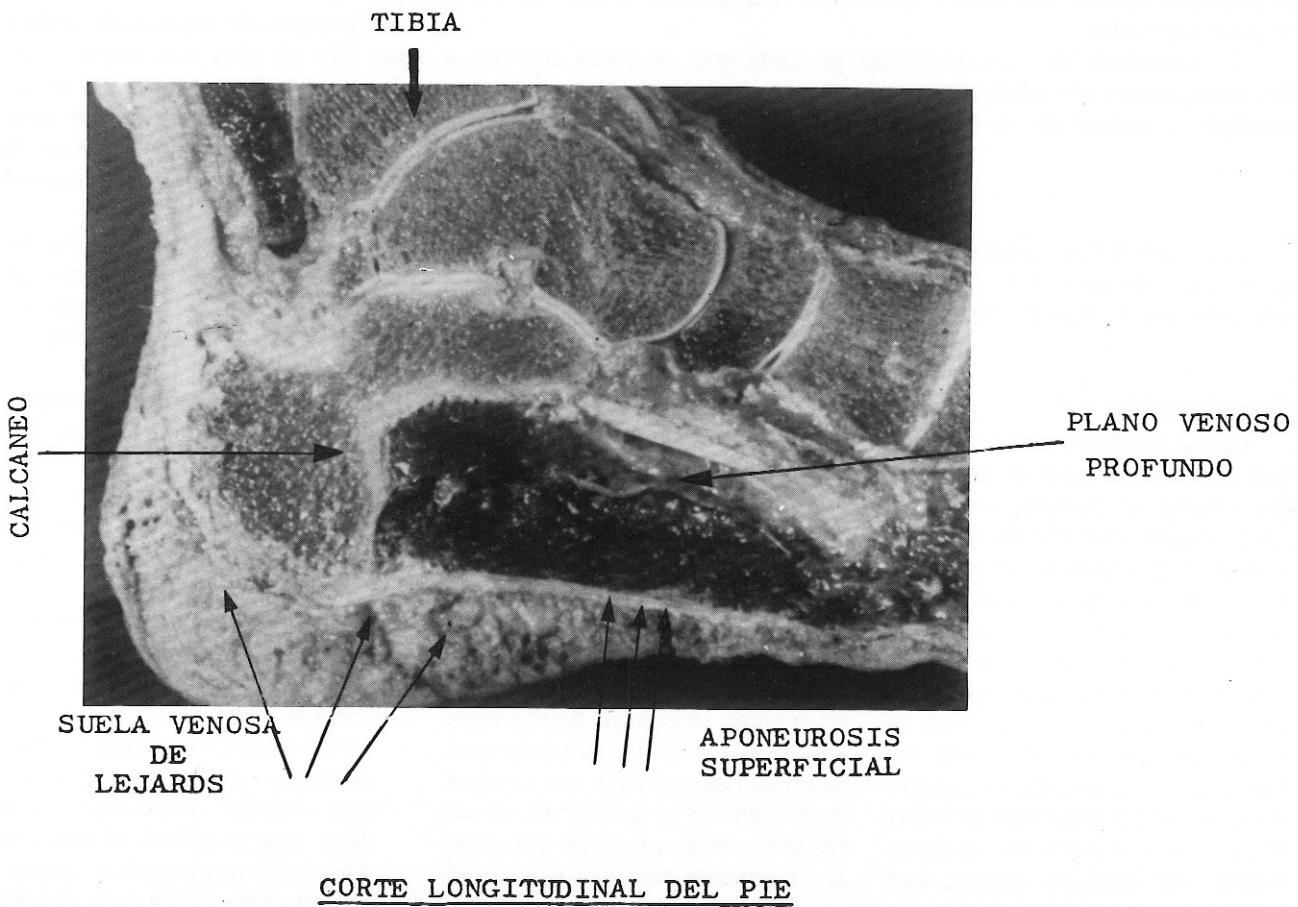


Fig. 1

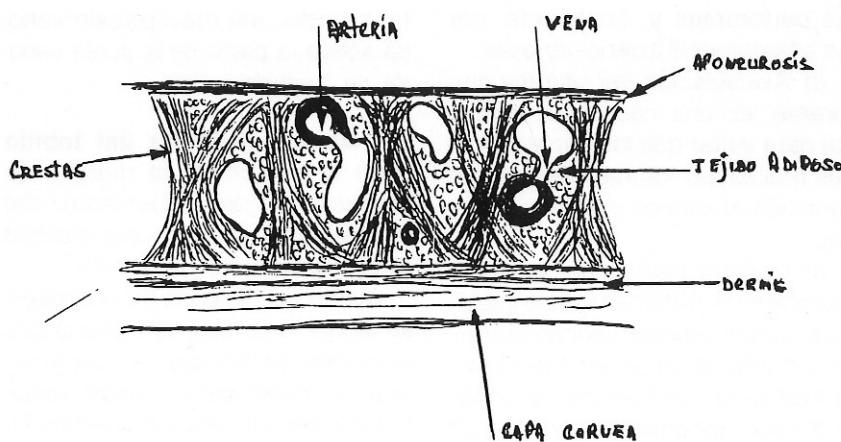


Fig. 2

tener un volumen importante de sangre venosa. Como consecuencia de la marcha se produce la descarga corporal, dando origen a un aplastamiento de esta estructura y

Conceptos de la suela venosa de Lejards

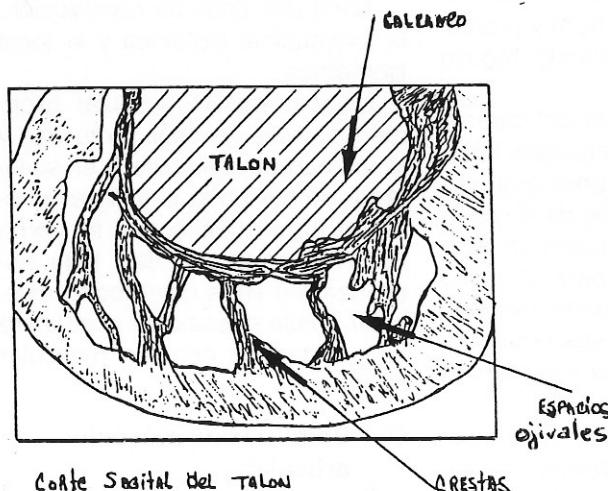
1. *Concepto anatómico:* constituye el plano venoso plantar superficial separado del plano venoso

- a) Piel gruesa y firme.
- b) Tejido celular subcutáneo compacto y espeso, más abundante en la parte central del talón, disminuyendo hacia la periferia, indicio de la importancia amortiguadora que desempeña.

- c) Un sistema trabecular o de crestas, que va desde la capa dérmica a la fascia profunda, fragmentando la capa anterior (tejido celular subcutáneo) en pelotones más o menos voluminosos según el número de trabéculas presentes.

Estas crestas conforman *espacios ojivales* al oblicuar sus fibras, originando arcadas góticas destinadas a recibir fuerzas de compresión en las que una combinación de arcos transmite la carga de los techos.

En los *espacios ojivales* transcu-



Corte Sagital del Talon

Fig. 3

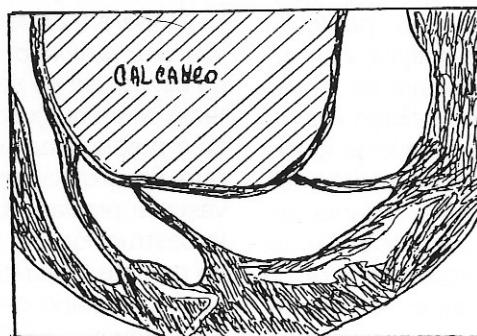


Fig. 4



Fig. 5

un desplazamiento del contenido en dirección centrípeta. Nos encontramos ante el primer impulso velocimétrico de la columna venosa como efecto del movimiento.

Para comprender su significancia vamos a desarrollar distintos conceptos anatomo-funcionales que nos llevarán a entender sus propiedades.

profundo por la aponeurosis planar (Fig. 1).

2. *Concepto anatomo-histológico:* (Figs. 2, 3 y 4). Es una estructura de características propias. En los cortes efectuados en la planta del pie, frontales y sagitales, se observa de atrás hacia adelante que están compuestos por planos que de superficie a profundidad son:

rren arterias, venas, anastomosis arteriovenosas, nervios y tejido adiposo.

Las venas tienen un espesor variable que a veces se reduce al endotelio solamente, en el que la galería fibrosa hace de adventicia.

Hay una *distribución cualcuantitativa* de las crestas de acuerdo a los puntos de apoyo plantares;

son más gruesas y menos vascularizadas en la parte central que en la periferia, esto coincide con los puntos de apoyo.

3. *Concepto anatomo-topográfico* (Fig. 5). El límite geográfico de la suela venosa de Lejards no coincide con el límite de la planta del pie; abarca una superficie menor como se ve en la figura. De la observación de la misma surge que cuando las marchas se efectúan a través del borde externo es mayor el flujo venoso movilizado, cuando se efectúan sobre el borde interno la movilización venosa es mucho menor.

4. Conceptos anatomo-funcionales

a) *Unidad funcional movilizadora*: la suela venosa de Lejards en conjunto con los conglomerados venosos de las caras plantares de los dedos conforma una unidad funcional movilizadora de sangre venosa durante la marcha.

b) *Sistema suspensor*: el sistema de trabeculación particular (crestas y arcadas góticas) y el contenido adiposo vascular de los espacios ojivales le confieren a la estructura un comportamiento activo al aplastamiento por descarga corporal, pudiendo este sistema ser comparado a la suspensión de un *vehículo* o a un «*colchón a resorte*», en los que las crestas representan los *elásticos* y el tejido vasculoadiposo los amortiguadores.

c) *Elasticidad activa*: de lo anteriormente expuesto surge la elasticidad activa del tejido.

d) *Capacidad venosa constante*: nunca hay un vaciado total debido a la tensión interna de la estructura y al traslado de puntos de apoyo en la marcha.

e) *Permeabilidad constante del sistema*: consecuencia del anterior.

f) *Presión interior uniforme*: esto se logra por las anastomosis múltiples, por la ausencia de válvulas en las venas de los planos y en

las perforantes y, finalmente, por las anastomosis arterio-venosas.

g) *Avalvulación del sistema perforante*: es una necesidad funcional para evitar que las cargas bruscas produzcan roturas venosas por variación brusca en cámaras cerradas.

h) *Cámaras plantar única*: al comunicarse el sistema venoso superficial con el sistema venoso profundo a través de un sistema perforante avalvulado de flujo bidireccional, la división aponeurótica en dos cámaras plantares (superficial y profunda) es válida desde un punto de vista anatómico pero no desde el funcional.

i) *Conjunto venoso funcional del pie*: En función de la comunicación a través de las venas laterales e interdigitales que comunican la planta con el dorso del pie, el sistema plantar superficial y profundo y el sistema dorsal superficial y profundo conforman un conjunto venoso funcional del pie.

j) *Aparato protector del sistema vascular profundo*: la presión interna constituye no solamente un sistema de amortiguación de la superficie propia, sino también un aparato de protección para el plano vascular plantar profundo, evitando la destrucción del sistema profundo durante la estática y la marcha contra el plano óseo.

k) *Bomba aspirante-impelente*: de acuerdo a la conformación anatómica del pie, que no es una superficie plana y posee arcos longitudinales y transversos, en la actitud de carga se producen presiones positivas y negativas que accionan como una bomba aspirante-impelente. Esto se da tanto en la posición de parado como en la marcha. En la posición de parado, al no tener apoyado el arco interno se produce una diferencia tensional entre el borde interno y el externo, que con el movimiento tónico de los miembros producen, a pesar de es-

tar parado, una movilización venosa activa, a partir de la suela venosa de Lejards.

B) **Bomba articular del tobillo**

En la acción de la marcha se produce el desplazamiento del cuerpo hacia adelante, ello merced al juego articular del tobillo.

Cuando el pie pasa de la dorsiflexión a la dorsiflexión, desde que el tendón de Aquiles se inserta en la tuberosidad del calcáneo, resulta estirado, ello lleva a la estimulación de una contracción isotónica de la masa sóleo-gemelar, lo cual expresa el contenido de los lagos soleares y abraza los ejes venosos profundos.

C) **Bomba muscular**

En realidad, debería llamarse bomba músculo-valvular, es el clásico corazón periférico de Barrow.

Tiene dos tipos de contracción, la longitudinal isotónica y la local isométrica.

La contracción muscular expresa los vasos venosos profundos y la red capilar que se halla en su interior impulsando la sangre venosa en forma direccional tal como sus válvulas lo permiten. Esta sincronización entre contracción muscular y flujo direccional le confiere la cualidad de corazón muscular periférico.

D) **Bomba veno-músculo-articular**

Es una unidad anátomo-funcional insertada a continuación de la «vis-a-tergo» y antes de la bomba poplítea, compuesta por la suela venosa de Lejards (bomba plantar), el juego de la articulación tibiotarsiana (bomba articular) y la masa muscular del tríceps sural (bomba muscular). Esta bomba es la encargada de llevar la sangre venosa al colector poplíteo para su rumbo hacia el corazón, ayudado por el sistema de succión representado por la «vis-a-fronte».

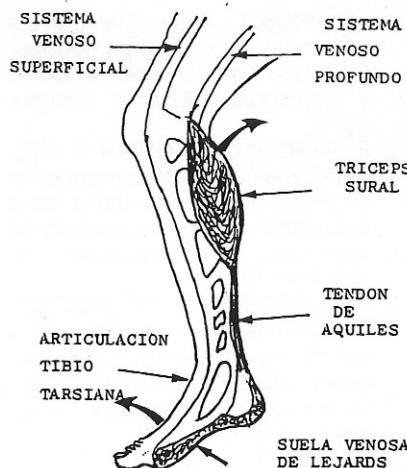


Fig. 6

La mecánica funcional de esta bomba es la siguiente: el sujeto parado, durante la marcha descarga su peso sobre las suelas venosas de Lejards. Ello impulsa el contenido venoso plantar en dirección centrípeta, el movimiento de dorsiflexión plantar tracciona el tendón de Aquiles, estimulando las contracciones isotónicas del tríceps sural, lo que imprime velocidad a la masa sanguínea; a continuación la contracción isométrica del tríceps sural es la encargada de volcar la sangre en el colector poplítico.

En los estudios globales que verifican el grado de eficiencia de esta bomba aprendimos un concepto hasta ese momento por nosotros desconocido, y es el de un sistema compensado o descompensado. Esto lo pudimos verificar cuando simultáneamente evaluamos la bomba global. Esta en ciertos casos resultaba efectiva, pero cuando realizábamos la evaluación segmentaria, vale decir evaluación de cada uno de los segmentos por separado: bomba plantar, bomba articular y bomba muscular, nos encontramos con la sorpresa de tener segmentos en hipo, y en contraposición en hiper, con resultado

final compensado. De aquí un concepto funcional que deberíamos tener todos los médicos y es el de que la enfermedad es el desequilibrio de la compensación.

E) Bomba cutánea

Representada por la piel de las pantorrillas.

F) Bomba perforante

En el acto de las contracciones y decontracciones del tríceps sural se produce un movimiento de sistole y otro de diástole, homologando a los movimientos cardíacos. En la sistole las válvulas de las venas perforantes están cerradas por el juego valvular y por el cierre a la manera de mortaja de la perforación músculo-aponeurótica. En la diástole hay una aspiración del sistema superficial hacia el profundo por una disminución de presión en el sistema venoso profundo como resultado de la contracción muscular anterior creándose un gradiente de presión válvula-direccional de superficial a profundo.

G) Bomba aponeurótica

Actúa como caja de continencia del sistema músculo-venoso profundo, permitiendo que las variaciones de presión incidan en los gradientes diferenciales.

H) Bombas generadas por dificultades anatómicas al retorno venoso

A nivel poplítico la impronta del anillo del sóleo, a nivel inguinal el ligamento inguinal y a nivel ilíaco la impronta de la arteria ilíaca derecha sobre la vena ilíaca izquierda son descritos como obstáculos anatómicos. Ello es cierto para una actitud estática, pero cuando estos obstáculos actúan en el movimiento del sujeto la compresión rítmica acorde a los pasos viene a resultar una suerte de compresión direc-

cional que ayuda al retorno venoso, siempre que la compresión no sea excesiva y se transformen en verdaderos obstáculos. En el caso ilíaco el latido transmitido es un factor impulsor de la sangre.

I) Bomba poplítica

La vena poplítica sufre variaciones normales de su calibre como consecuencia del paso de la semiflexión a la extensión e hiperextensión, estas variaciones de calibre son de alrededor del 30% del calibre original.

La variación de calibre poplítico se debe a tres factores y ellos son:

- La impronta del anillo del sóleo en la cara posterior de la vena.
- La elongación de la vena en hiperextensión afirmada en dos puntos de apoyo, por un lado, el anillo del sóleo y, por el otro, el anillo del tercer adductor.
- La dislocación de la vena por el reborde tibial en actitud de hiperextensión.

Estas variaciones del calibre dan como resultado el efecto de una bomba aspirante-impelente de gran poder que, actuando sinérgicamente con la bomba veno-músculo-articular, precedentemente descrita, es capaz de proyectar la sangre venosa hacia las venas femorales sobre las que actúa la fuerza aspirativa de la «vis-a-fronte».

Conclusiones

El retorno venoso al corazón se cumple gracias a la acción conjunta de una cantidad importante de estructuras cuyo valor está dado por la suma algebraica que aporta cada una de ellas, sin menospreciar la participación de cada una por separado; todas son importantes y de su interjuego depende el resultado final de efectividad de bombeo.

BIBLIOGRAFIA

1. ABRAMOWITZ, H.; QUERAL, L.; FLINN, W.; NORA, P.; PETERSON, L.; BERGAN, J.; YAO, J.: The use of photoplethysmography in the assessment of venous insufficiency: a comparison to venous pressure measurements. «Surgery St. Louis», 85: 434-441, 1979.
 2. BASSI, GLAUCO: «Les varices des Membres Inférieurs», Editions Din, 1967.
 3. BOUCHET, A.; GUILLERET, J.: «Anatomía Descriptiva Topográfica y Funcional». Ed. Panamericana, 1979.
 4. BRENNER, ENRIQUE; BIANCHI, HOMERO: «Sistema amortiguador del talón».
 5. BRIZZIO, E.; VOGHT, H.; PUZZI, E.; CHAPPERO, B.; PRESACO, R.; HODARI, G.: «Flebodinamometría». «Curvas flebodinamométricas en diferentes patologías venosas». «Indicaciones quirúrgicas en el Síndrome postflebitico alejado». III Congreso Argentino de Flebología. Rosario, 18 de octubre de 1979.
 6. Brizzio, E. O.; ALTMANN CANESTRI, E.: «El uso de la Fotopletimografía en la evaluación del Síndrome posttrombótico y su valor de predicción quirúrgica en el Síndrome posttrombótico alejado». IV Congreso Argentino.
 7. COLLIA, R.: Presión venosa en relación con ciertas alteraciones del corazón periférico de Barlow. «Semana Médica», T. 12, N° 11. 18 marzo de 1975.
 8. J. J. COLLARD, J. P. KUIPER et a. J. M. BRAKKE: Action de la pompe veineuse du pied chez des patients atteints d'Acroangiokeratite. «Phlébologie», 3: 249-255, 1978.
 9. FANDOS, L.: «Flebodinamometría con compresión de la pantorrilla». Congreso Argentino de Flebología y Linfología. Rosario, octubre 1979.
 10. P. HARICHAUX; J. GORIN; E. VIEL: Application de la Dopplerographie à l'étude des modifications de la circulation veineuse du muscle en exercice. «Phlébologie», 3: 451-474, 1980.
 11. P. NIEDERLE; J. PREROVSKY: Troubles de fonctionnement de la pompe musculaire veineuse s'observant dans l'insuffisance veineuse chronique. «Phlébologie», 4, octubre-diciembre 1979.
 12. ODISIO, A.: «Las Varices de los Miembros Inferiores». Editorial Akadia, 1979.
 13. VAN DER STRICHT, J.: Physiologie de la circulation veineuse. «Phlébologie», 2; 189-197, 1979.
-