

SECCION V

PLETISMOGRAFIA. PRESIONES SEGMENTARIAS

VA. Pletismografía

VB. Presiones segmentarias

VC. Otros métodos no invasivos

Capítulo V A

PLETISMOGRAFÍA

Enrique Puras Mallagray
Fundación Hospital de Alcorcón. Madrid.

I. Introducción

- A. La *pletismografía* incluye aquellas técnicas que miden cambios de volumen como consecuencia de variaciones del flujo sanguíneo. No son métodos específicos de un solo vaso arterial sino que miden cambios de volumen en un segmento de la extremidad.

II. Evaluación arterial por Pletismografía

Agrupar un conjunto de exploraciones que ayudan a localizar el nivel de la obstrucción arterial. Ayuda a diferenciar, junto con las presiones segmentarias realizadas mediante Doppler, la claudicación arterial verdadera, de otras causas de claudicación no vascular.

- A. **Pneumopletismografía** o Pletismografía de volumen de pulso.

1.- *Principios físicos*: Consiste en la colocación de manguitos a niveles específicos de la extremidad o en los dedos. Éstos se inflan con una cantidad específica de aire hasta alcanzar una presión entre 10 y 65 mmHg, dependiendo de la localización del manguito (muslo o dedos). Durante la sístole arterial se produce un incremento en el volumen de la extremidad que transmite presión contra el manguito relleno de aire, y a través de un sistema transductor de presión, ésta, se convierte en una onda analógica de presión.

2.- *Interpretación*: Cuando existe un descenso en el volumen de flujo arterial debajo del manguito, debido a enfermedad arterial oclusiva, la onda se modifica en su configuración. Los criterios aceptados para la valoración de las ondas de volumen de pulso arterial son (figura 1):

- a) *Onda normal*- Pico sistólico prominente con dicotismo en la curva de descenso.
- b) *Onda levemente anormal*- ausencia de dicotismo en la onda de descenso.

- c) *Onda moderadamente anormal*- Pico sistólico aplanado con ausencia de dicrotismo.
 d) *Onda severamente anormal*-. Onda de pulso ausente o de muy baja amplitud.

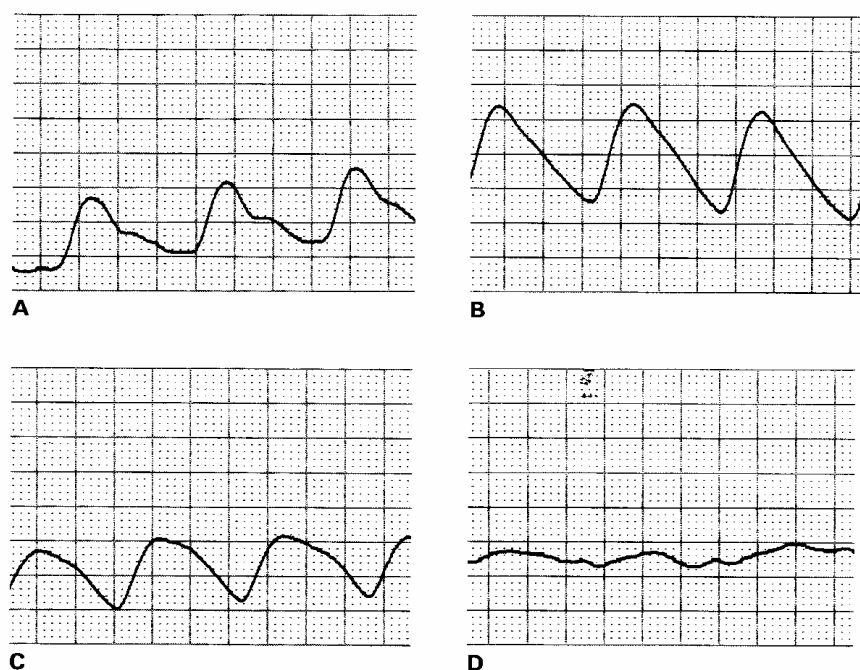


Figura 1 Curvas de pleτισmografía de volumen. A Normal. B Levemente anormal. C Moderadamente anormal. D Severamente anormal

Resulta habitual poder obtener ondas de pulso de aceptable calidad en segmentos con marcado descenso en la presión segmentaria calculada con doppler, debido a la presencia de circulación colateral, que modifica el volumen de pulso debajo del manguito de exploración.

B. Fotopleτισmografía

1.Principios Físicos: Detecta el flujo de sangre cutáneo y traduce sus pulsaciones. Consiste en la emisión de luz infrarroja desde un diodo emisor y un fotodetector adyacente que recibe la luz infrarroja reflejada. A medida que aumenta el flujo de sangre cutáneo aumenta la cantidad de luz reflejada. De esta manera obtenemos una medida cualitativa del flujo

sanguíneo cutáneo. Se utiliza preferentemente en la medición de la presión digital.

2. *Técnica:* Se colocan manguitos, de anchura al menos 1,2 veces la del dedo, en la base del dedo. La célula fotodetectora se coloca en la porción distal del dedo. La exploración se inicia con el inflado del manguito a presión suprasistólica (alrededor de 20-25mmHg por encima de la presión en tobillo). Posteriormente se desinfla lentamente el manguito hasta obtener una primera onda pulsátil, que traduce la presión de dicho dedo.

3. *Interpretación:* Una onda normal presenta una curva de ascenso sistólico rápido con curva de descenso más lenta y dicrotismo. Por el contrario una onda anormal presentará un ascenso lento, un pico de onda redondeado, con ausencia de dicrotismo. Los valores de presión normal para los dedos de las extremidades superiores son unos índices dedo /braquiales de 0,8-0,9. Aproximadamente de 90% de los valores normales sobrepasan el índice 0,79. A nivel de miembros inferiores las presiones normales varían entre un 60-80% respecto a la presión del tobillo. Valores inferiores a éstos son diagnósticos de enfermedad arterial oclusiva.

Una onda de pulso anormal en una extremidad con una presión normal en el tobillo localiza la enfermedad en las arterias pedia o digitales.

Cuando no es posible obtener una presión adecuada en el tobillo por calcificación arterial, la medida de la onda pletismográfica en los dedos puede aportar una medida fisiológica de interés sobre el grado de afectación arterial de la extremidad.

Los pacientes con enfermedad vasoespástica son buenos candidatos a la realización de este tipo de pruebas pletismográficas, asociando el test de inmersión en frío. Este consiste en la inmersión de las manos en agua helada durante tres minutos y la posterior obtención de curvas pletismográficas seriadas. Si la amplitud de la curva no es recuperada en cinco minutos, el paciente se diagnostica de sensibilidad anormal al frío.

C Pletismografía por Anillos de Mercurio.

1. *Técnica:* Consiste en la colocación de tubos siliconados rellenos de mercurio alrededor de la extremidad. La longitud de estos tubos con mercurio, será de 1 a 3 cm menor que la circunferencia de la extremidad. En los dedos esta longitud será de 0,5 cm menor.

2. *Principios Físicos:* Con las expansiones y contracciones de la extremidad, la longitud del tubo de mercurio cambia. Debido a las modificaciones en la resistencia asociados a estos cambios en la longitud, se producen cambios de voltaje ligados a las variaciones de volumen en la circunferencia de la extremidad. Las características de las curvas obtenidas con pletismografía de anillos de mercurio son similares a las ya descritas para la pletismografía de volumen.

III. Evaluación venosa por Pletismografía

A. Pletismografía por Anillos de Mercurio

1. *Introducción:* Se utiliza para detectar obstrucciones venosas en los sectores del sistema venoso profundo por encima de las rodillas. Presenta numerosas limitaciones, ligadas a otras causas de compresión extrínseca de las venas como, tumores , ascitis, embarazo, obesidad etc.

2. *Técnica:* El paciente se coloca en decúbito supino . Las piernas se colocan en rotación externa y ligera flexión de caderas y rodillas. Las piernas han de estar elevadas de tal manera que los tobillos estén por encima del nivel de los muslos y éstos por encima del nivel del corazón. Se coloca un manguito neumático alrededor del muslo y un tubo siliconado relleno de mercurio en el segmento más ancho de la pantorrilla. La longitud de éste último será de un 90% la anchura de la pantorrilla. Después de una correcta calibración se infla el manguito del muslo a 50mmHg. A medida que la pantorrilla se expande debido a la obstrucción de la salida venosa se produce un estiramiento del anillo de mercurio y un cambio en el voltaje. Este cambio de voltaje corresponde con un ascenso positivo de la curva de registro y representa la capacitancia venosa máxima (maximum venous capacitance MVC en literatura anglosajona). Una vez lograda una estabilización de la curva de capacitancia (45 segundos), se desinfla bruscamente el manguito. La velocidad de vaciamiento en volumen de la pantorrilla también es registrada y se considera como la salida venosa máxima o MVO (maximum venous outflow) (Figura 2).

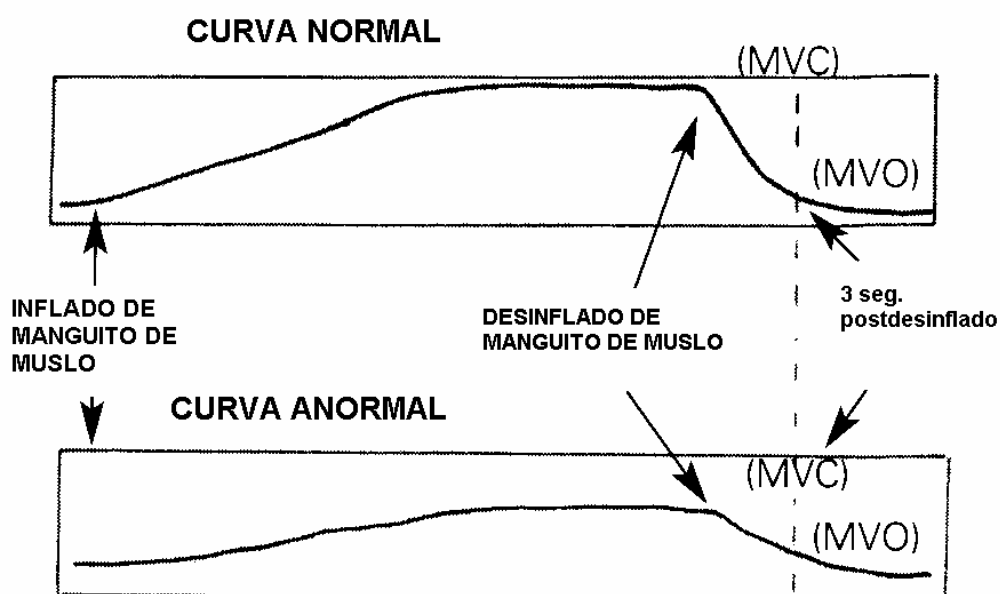


Figura 2. Curva normal y anormal en estudio pletismográfico venoso por anillos de mercurio

3. *Interpretación:* En situaciones normales el trazado debe volver a la línea base en tres segundos.

En situaciones de trombosis venosa, tanto la capacitancia como el “outflow” venoso estarán reducidos. Debido a que la capacitancia venosa está relacionada con el volumen inicial de sangre en la pantorrilla, serán necesarios varios registros para asegurar el diagnóstico cuando los valores iniciales sean anormales .

B. Fotopletismografía

1. *Introducción:* Evalúa la presencia y severidad de la insuficiencia venosa mediante la determinación del volumen de flujo capilar. Está contraindicada en los pacientes con sospecha de trombosis venosa profunda. La incorrecta colocación del sensor resultará en errores diagnósticos.

A pesar de que la fotopletismografía no puede ser calibrada volumétricamente, es muy importante mantener los mismos patrones de ganancia durante todo el estudio para asegurarnos que cambios significativos en los trazados puedan ser interpretados como cambios significativos en el volumen sanguíneo.

2. *Técnica :* El paciente se colocará sentado con las piernas colgando. El sensor se coloca entre 5 y 10 centímetros por encima del maleolo interno (vigilar que no quede colocado sobre ninguna variz). Posteriormente el paciente debe realizar una serie de movimientos forzados de dorsiflexiones del pie para lograr vaciar el sistema venoso. El trazado de la fotopletismografía detectará estas variaciones y posteriormente en reposo, se documentará el tiempo de llenado venoso (venous refill time,VRT) (Figura 3).

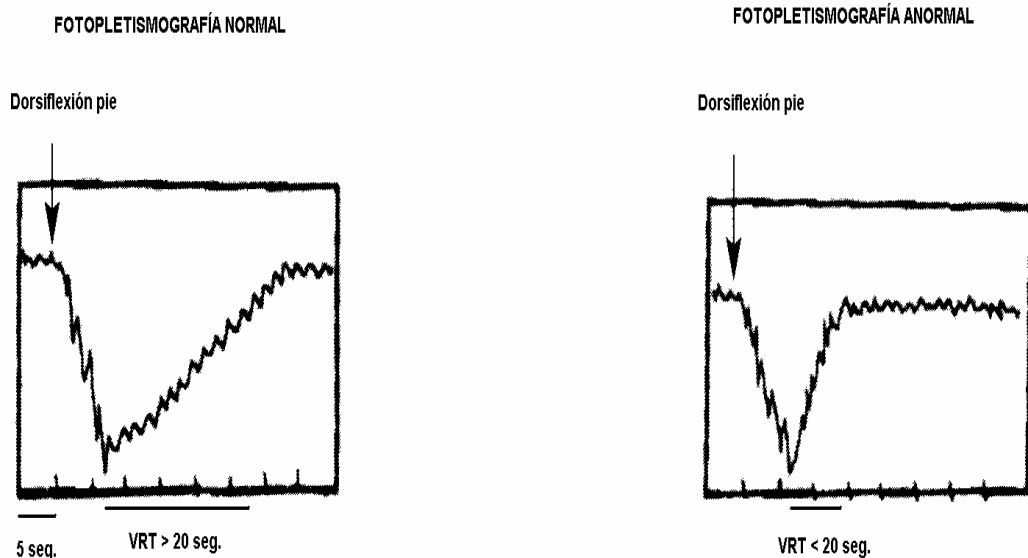


Figura 3 Fotopletismografía venosa normal y patológica.

3. *Interpretación* : Si el tiempo VRT es mayor de 20 segundos el estudio es considerado como normal. Si el VRT es menor de 20 segundos, colocaremos un torniquete, justo debajo de la rodilla, para eliminar la influencia del sistema venoso superficial. Si en estas circunstancias el VRT es >20 segundos, consideraremos el diagnóstico de insuficiencia de la vena safena externa. Posteriormente colocaremos el torniquete por encima de la rodilla. Si en estas condiciones el VRT es > 20 segundos, el diagnóstico a considerar es el de insuficiencia de la vena safena interna. Si el VRT es <20 segundos con o sin torniquete el diagnóstico a considerar es el de insuficiencia del sistema venoso profundo .

C. Pletismografía de aire

1. *Principios físicos*: Es una técnica que permite la detección de cambios de volumen en la extremidad inferior con relación al ejercicio y la gravedad.

2. *Técnica*: Consiste en la colocación de un manguito con una capacidad de 5 litros de aire alrededor de la pantorrilla. La exploración se inicia con el paciente tumbado, la pierna en rotación externa y el tobillo sobre un soporte. En esta situación se infla el manguito hasta una presión de 6 mm Hg para ajustar el manguito a la superficie de la pantorrilla. A partir de este punto se produce un calibrado del equipo mediante la introducción y extracción de 100cc de aire dentro del manguito, midiéndose los cambios de presión así obtenidos. A continuación, se registran los cambios de volumen durante una secuencia de vaciado al elevar la pierna 45°, relleno de volumen al adoptar la bipedestación sin cargar peso en la extremidad, eyección de volumen con un solo ejercicio de contracción muscular de la pantorrilla (punta tacón) y durante 10 movimientos consecutivos de contracción muscular, para finalizar con la medida de relleno de volumen sanguíneo de la pantorrilla en posición de bipedestación sin carga de peso en la extremidad.

3. *Interpretación*: Del registro obtenido con esta secuencia se determinan (figura 4):

a) El *Volumen Venoso (VV)*: Representa el incremento de volumen obtenido desde la posición de vaciado en decúbito y 45° de elevación de la extremidad, hasta la posición de bipedestación, y es medido en milímetros. VV evalúa la capacitancia venosa. Esta última está elevada en extremidades con insuficiencia venosa crónica.

b) El *Índice de Llenado Venoso (VFI)*: Es una medida de la tasa de llenado venoso de la extremidad y se expresa en milímetros por segundo. Evalúa la competencia valvular. El VFI se calcula

dividiendo el 90% del VV por el tiempo que se tarda en llegar al 90% de VV (VFT90).

c) El *Volumen de Eyección* (EV): Mide la disminución de volumen obtenida con un solo ejercicio de contracción muscular de la pantorrilla.

d) La *Fracción de Eyección* (EF): Se calcula dividiendo EV entre VV y multiplicando por 100. Este porcentaje mide el poder de vaciado venoso con una contracción muscular.

e) El *Volumen Residual* (RV): Mide la cantidad de sangre que queda en una extremidad al concluir las 10 contracciones de la pantorrilla.

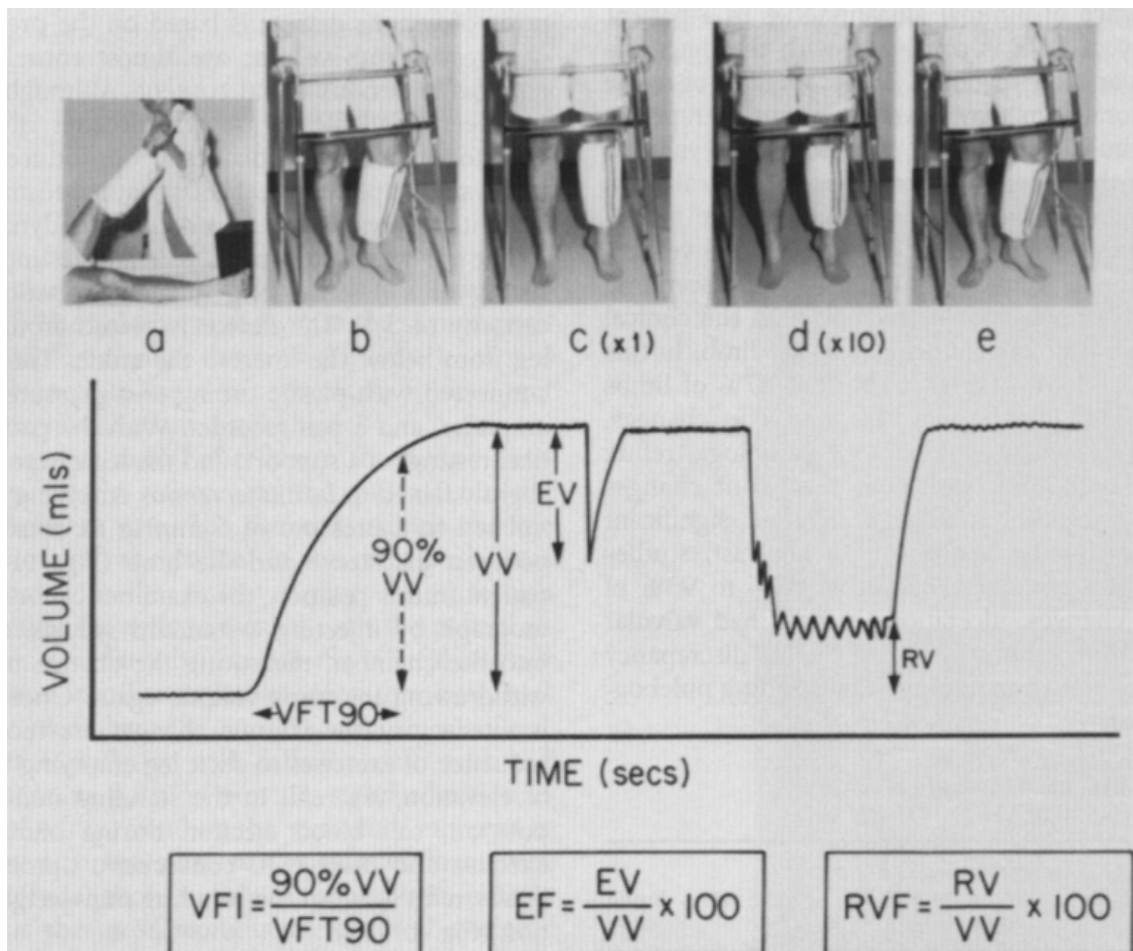


Figura 4 Curva de neumopletismografía que muestra los cambios de volumen en la extremidad registrados durante la secuencia estándar de cambios posturales y ejercicios de contracción muscular de pantorrilla. (Tomado de Rutherford Vascular Surgery 5ª ed.)

f) La *Fracción de Volumen Residual* (RVF): Se calcula mediante la división de RV entre VV y multiplicando por 100. Expresa el porcentaje de sangre de la pantorrilla que queda después de 10 contracciones musculares y evalúa la función de la bomba muscular.

g) Cuando el VFI está elevado, el test se repite con un torniquete por encima de rodilla para evaluar el grado de participación de la *insuficiencia del sistema venoso superficial*.

La combinación de los parámetros hemodinámicos obtenidos con la pletismografía de aire, ofrece una valoración cuantitativa sobre la presencia de reflujo (VFI), la integridad de los mecanismos de bomba muscular (EF) y la función venosa global (RVF).

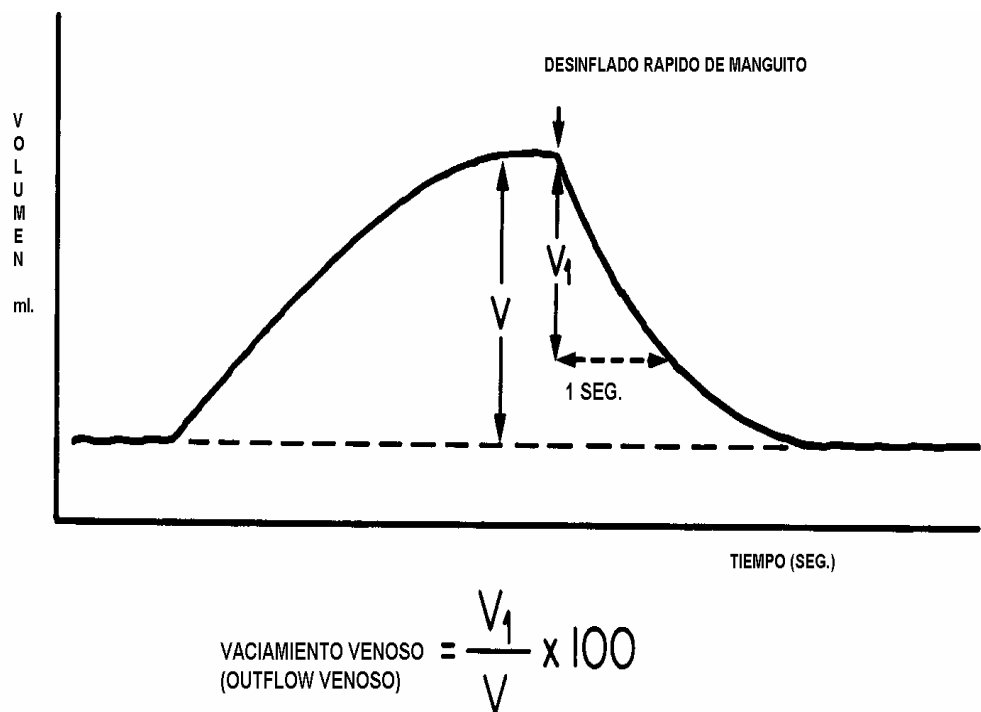


Figura 5. Curva de vaciamiento venoso obtenida con neumopletismografía. (Tomado de Rutherford Vascular Surgery 5ª ed.)

h) Dentro del estudio con pletismografía de aire es posible obtener una medida del *vaciamiento* (“*outflow*”) venoso, que permite obtener una excelente discriminación entre extremidades con o sin obstrucción venosa. Esta técnica se inicia con el mismo calibrado que ha sido explicado previamente y con la colocación de un manguito de oclusión venosa a nivel de muslo. Éste se infla a una presión de 70mmHg y se mantiene hasta alcanzar una curva con meseta en el llenado venoso. El manguito se desinfla bruscamente y se calcula la fracción de vaciado venoso por la caída de volumen en el primer segundo (volumen vaciado en 1 segundo por el volumen completo de la extremidad y multiplicado por 100) (figura 5). Nicolaidis demostró que:

- 1) Extremidades *sin evidencia de obstrucción venosa* tenían fracciones de vaciado venoso > del 38% del volumen venoso total.
- 2) Extremidades con *obstrucción moderada* tenían fracciones entre 30-38% del volumen venoso total.
- 3) Extremidades con *obstrucción severa* tenían fracciones inferiores al 30% del volumen venoso total.

Capítulo V B

MEDICIÓN DE PRESIONES SEGMENTARIAS

Salvador Luján
Fundación Hospital Alcorcón. Madrid.

I. Presiones segmentarias en las extremidades inferiores

- A. **Propiedades diagnósticas:** El objetivo de la medición de presiones segmentarias e índice tobillo brazo (ITB) es identificar la presencia y cuantificar la severidad de la enfermedad arterial oclusiva. Además de estos objetivos, con la toma de presiones segmentarias se pretende localizar el sector o sectores anatómicos que tienen una repercusión hemodinámica en la extremidad explorada. Ambos proporcionan una medición objetiva a partir de la cual realizar un seguimiento sobre la progresión de la enfermedad o la evolución postoperatoria. Evalúan objetivamente los resultados del tratamiento planeado.
- B. La medición del **índice tobillo brazo** es el estudio no invasivo más frecuentemente realizado en pacientes con enfermedad arterial oclusiva de miembros inferiores y debe formar parte del examen rutinario de estos enfermos. Los resultados de las dos mediciones se complementan con el análisis de la onda Doppler o con la onda pletismográfica.
- C. **Preparación del paciente:** Es importante que el enfermo no haya realizado ejercicio alguno en los 20 min. previos a la realización de la prueba ya que el ejercicio reduce la cantidad de flujo arterial a las extremidades si el enfermo tiene una claudicación de origen vascular. Por lo tanto si el enfermo ha caminado en los minutos previos a la exploración el resultado estará falsamente disminuido. El paciente se colocará en decúbito supino con los pies a la misma altura que el corazón para evitar que la presión hidrostática eleve falsamente la presión arterial en el tobillo.
- D. **Técnica:** En primer lugar se obtiene la presión arterial braquial bilateral utilizando manguitos de 12 por 40 cm. y un transductor de Doppler continuo de 8-10 MHz. Para el estudio completo de ambas extremidades mediante presiones segmentarias y cálculo de ITB se colocan 4 manguitos en la extremidad inferior: muslo proximal, supragenicular (proximal a la rótula), infragenicular (distal a la tuberosidad tibial) y supramaleolar en el tobillo. La anchura del manguito debería ser al menos un 20% mayor que el diámetro de la extremidad en el punto explorado (= 40% de la circunferencia de la extremidad) para que la arteria evaluada pueda ser colapsada cuando el manguito se infla. Para realizar una exploración técnicamente adecuada es conveniente tener en cuenta las siguientes observaciones:

1. En caso de no ser preciso un estudio completo ya que sólo se pretende cuantificar el estado global de la extremidad mediante el índice tobillo-brazo, se colocan manguitos en posición supramaleolar y el estudio se limita a obtener las presiones en arteria pedia y tibial posterior.

2. El punto medio del manguito debería colocarse enfrente de la arteria explorada.

3. Los manguitos deben ser colocados de forma ajustada con el objeto de que puedan transmitir la presión al tejido subyacente cuando son inflados. Si el manguito es excesivamente ancho el resultado estará falsamente disminuido. Si el manguito es excesivamente estrecho el resultado estará falsamente aumentado.

4. Una vez colocados los manguitos se obtiene la señal Doppler en la arteria tibial posterior, pedia y ocasionalmente sobre una colateral peronea (sólo en caso necesario si no se obtiene señal en ninguna de las arterias mencionadas, se localiza anterior al maleolo lateral). La posición óptima del transductor Doppler continuo se obtiene colocándolo a 45-60° con respecto al trayecto de la arteria.

Se obtienen las presiones arteriales segmentarias en ambas extremidades utilizando un esfigmomanómetro con inflado manual o mediante sistema computerizado en los siguientes puntos: *tobillo* (arteria pedia y tibial posterior), *infragenicular* (arteria pedia y tibial posterior), *supragenicular* (arteria pedia y tibial posterior aunque la a. poplítea puede ser utilizada si las señales en el tobillo son difíciles de obtener) y *muslo proximal* (igual que supragenicular)

5. Aunque se ha comprobado que se obtiene una medición más precisa cuando el transductor Doppler se coloca próximo al manguito que se está inflando en ese momento, por razones de tiempo la mayoría de los laboratorios utilizan la señal Doppler en el tobillo para calcular la presión correspondiente al inflado de cada manguito.

6. Para la medición de la presión arterial se debe inflar el manguito 20-30 mm Hg por encima del punto en el que cesa la señal Doppler para asegurar un colapso completo de la arteria. Posteriormente el manguito se desinfla unos 2-4 mm Hg por segundo. El valor de la presión arterial que debemos registrar es aquella que registra la primera señal arterial con el transductor Doppler a medida que desinflatamos el manguito. En caso de ser preciso repetir las mediciones el manguito debe estar completamente desinflado durante un minuto.

E. **Interpretación:** Una asimetría entre las presiones braquiales igual o superior a 10 mm Hg es sospechosa de enfermedad arterial. Una diferencia mayor a 20 mm Hg entre ambas mediciones es claramente patológica. El índice tobillo brazo (ITB) se calcula dividiendo la presión en el tobillo (el valor más alto de arteria pedia o tibial posterior) entre la mayor presión

braquial obtenida. En individuos sin patología arterial la presión sistólica en el tobillo es la misma o superior que la mayor presión sistólica braquial (ITB mayor o igual a 1) (Figura 1):

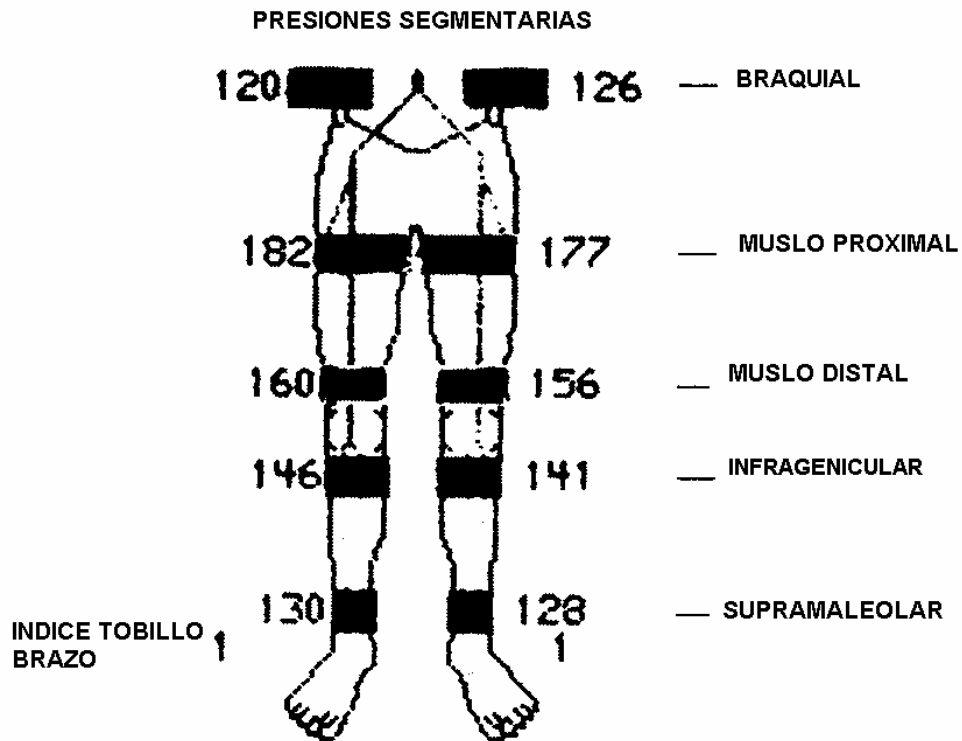


Figura 1. Presiones segmentarias. Exploración normal. (Modificado de Vascular Technology. Ed. Davies 2000)

Se consideran *patológicas* las siguientes situaciones:

1. En general los pacientes con *dolor de reposo* suelen tener un ITB entre 0.25 y 0.5, los pacientes con claudicación intermitente tienen un ITB entre 0.5 y 0.9 y los pacientes con enfermedad arterial oclusiva pero asintomáticos tienen un ITB entre 0.9 y 1 (Figura2).

2. Un ITB mayor de 0.5 generalmente indica *obstrucción* (estenosis-oclusión) de un segmento arterial mientras que un ITB < 0.5 a menudo indica enfermedad a diferentes niveles.

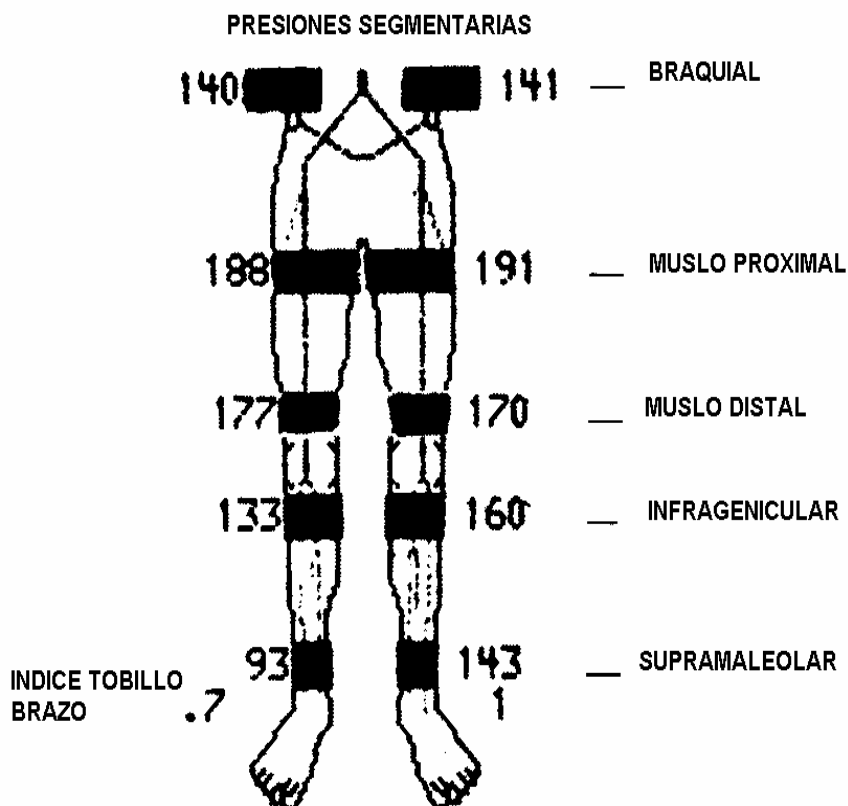


Figura 2 Presiones segmentarias. Exploración patológica. (Modificado de Vascular Technology. Ed. Davies 2000)

3. Un cambio igual o mayor a 0.15 en el ITB es un indicador de un *empeoramiento significativo* en el estado hemodinámico de la extremidad.

4. A medida que el diámetro de la extremidad aumenta del tobillo al muslo las presiones también aumentan. Así la presión en el muslo alto

suele ser 30 mm Hg mayor que la mayor de las presiones braquiales. En pacientes con muslos de gran diámetro o en caso de utilizar un manguito estrecho las presiones recogidas tras inflado del manguito de muslo proximal estarán falsamente aumentadas. Una presión en muslo alto igual o inferior a la del brazo indica enfermedad oclusiva bien aortoiliaca, de arteria femoral común, o del sector proximal de arteria femoral superficial o profunda. Por lo tanto una presión disminuida en muslo proximal puede producir confusión sobre el sector anatómico afectado.

5. En el sistema arterial normal las presiones deben disminuir unos 10 mm Hg entre cada manguito. Una disminución de la presión igual o superior a 20 mm Hg entre dos niveles consecutivos se considera significativa y sugiere la presencia de una obstrucción arterial entendiendo obstrucción como concepto hemodinámico y no anatómico que incluye tanto estenosis anatómicas como oclusiones arteriales.

6. Una diferencia mayor de 20 mm Hg entre ambas extremidades en un mismo nivel de exploración también debe considerarse significativo e indica obstrucción (estenosis-oclusión) de la arteria con el valor más bajo.

F. Sus principales limitaciones diagnósticas incluyen:

1. No discriminan entre estenosis y oclusión.
2. No localizan con precisión el punto de oclusión-estenosis arterial aunque la medición de las presiones segmentarias puede localizar la enfermedad en una región anatómica. En este sentido encuentra dificultades para discriminar entre enfermedad de arteria femoral común y arteria iliaca externa.
3. Una presión disminuida en *muslo proximal* sugiriendo patología del sector aortoiliaco cuando en realidad puede no existir. Esto habitualmente ocurre en enfermos muy delgados o en aquellos con enfermedad oclusiva de la arteria femoral superficial o profunda.
4. Obtienen resultados falsamente elevados en pacientes con calcificación arterial como diabéticos o enfermos con insuficiencia renal crónica ya que en estos pacientes se requiere más presión para colapsar la arteria explorada (en ciertos casos no es posible ni siquiera colapsarla). En estos casos el análisis de la onda Doppler, la pletismografía del volumen de pulso o las mediciones de presión en dedos pueden proporcionar información útil.
5. Se pueden obtener resultados disminuidos en el índice tobillo brazo en pacientes con insuficiencia cardíaca congestiva tras ejercicio.

II. Presión arterial en dedos de las extremidades inferiores

- A. La **presión arterial en dedos** se mide mediante un manguito neumático de una anchura alrededor de 1.2 veces el diámetro del dedo, y un sensor de flujo aplicado distalmente al manguito, que suele ser un fotopleletismógrafo.
- B. Las presiones arteriales en dedos son entre 24 y 41 mm Hg *inferiores* a las presiones tomadas en brazos. Así, el índice dedo-brazo que se obtiene dividiendo la presión en el dedo entre la presión braquial, se encuentra alrededor de 0.65 en extremidades asintomáticas, 0.5 en claudicantes, y 0.23 en enfermos con isquemia crítica de la extremidad.
- C. Estas mediciones están especialmente indicadas en pacientes con *calcificación arterial*, ya que raramente las presiones en dedos se encuentra falsamente elevadas en estos enfermos como ocurre con las presiones segmentarias de la extremidad.
- D. Son mediciones útiles para establecer el pronóstico sobre la cicatrización de lesiones tróficas en el pie. Así, aunque se han obtenido resultados contradictorios en estos casos, en general una presión en dedo mayor de 30 mm Hg en paciente no diabético, o mayor de 55 mm Hg en diabéticos permiten establecer un buen pronóstico con respecto a la cicatrización de la lesión.

III. Presiones segmentarias tras ejercicio o hiperemia reactiva

- A. **Propiedades diagnósticas:** Los valores de las presiones segmentarias se comparan con aquellas obtenidas tras una prueba de esfuerzo o hiperemia reactiva para diferenciar entre una claudicación de origen vascular y una claudicación no vascular así como en casos en los que existen discrepancias entre el examen en reposo y la severidad de los síntomas. También se utiliza para cuantificar la severidad de la arteriopatía así como para evaluar la eficacia de un procedimiento quirúrgico. El test de esfuerzo en cinta rodante es el más utilizado ya que produce un estrés fisiológico que reproduce los síntomas del paciente.
- B. **Fisiopatología:** En la extremidad normal en reposo, el flujo arterial está limitado por la alta resistencia de las arterias musculares. Al realizar ejercicio el flujo aumenta dramáticamente por una disminución de la resistencia de dichas arterias. Este aumento de flujo se produce sin cambios en la presión arterial ($\text{Flujo} = \text{Presión} / \text{Resistencia}$).
- C. Las *estenosis hemodinámicas* provocan una disminución en la presión y en el flujo distal a la lesión lo cual favorece el desarrollo de colaterales. Las colaterales que existen en estos enfermos son vasos de mayor resistencia. En reposo la compensación se produce por colaterales y mediante una disminución de la resistencia con el objeto de que el flujo, y en ocasiones la presión, se mantengan. Sin embargo durante el ejercicio la resistencia

disminuye más y el flujo no es capaz de mantenerse dando lugar a isquemia muscular y dolor.

D. El grado de *disminución de la presión* es proporcional al flujo a través de la lesión. En reposo (bajo flujo), la caída puede ser marginal. Sin embargo, si el flujo se incrementa por ejercicio, la caída de presión se hace evidente.

E. **Técnica:** Después de obtener los valores basales de las presiones segmentarias el paciente camina en una cinta rodante con un 8-12% de pendiente a una velocidad de 1-3 mph (millas por hora) durante un máximo de 5 minutos o hasta que el enfermo tenga que parar por cualquier tipo de sintomatología fundamentalmente por su claudicación intermitente o síntomas de origen cardiológico:

1. Se registrará la *duración completa* del ejercicio, la distancia a la cual se inicia el dolor, la velocidad de la cinta así como el motivo concreto de terminar la prueba.
2. Se obtienen la *presiones postejercicio* en primer lugar de la extremidad con menor presión preejercicio, posteriormente de la extremidad contralateral y por último de la extremidad superior con mayor presión preejercicio.
3. Los *ITB postejercicio* se obtienen inmediatamente tras la prueba de esfuerzo y cada 2 minutos hasta recuperar los valores basales.

F. **Interpretación diagnóstica:** El tiempo que tarda el ITB en recuperar el valor previo junto con los síntomas y cambios de presión (si existen) del pre al postejercicio constituyen la base para la interpretación:

1. Si las presiones en el tobillo caen a niveles más bajos o no detectables inmediatamente tras la prueba y se recuperan en 2-6 minutos debemos sospechar obstrucción (estenosis-oclusión) en un sector anatómico
2. Si permanecen no registrables durante 12 minutos o más, debemos sospechar una obstrucción a diferentes niveles.
3. En pacientes con dolor de reposo isquémico pueden no registrarse presiones en el tobillo durante más de 15 min.

G. **Técnica para la realización de la hiperemia reactiva:** Esta técnica se utiliza para evaluar el sistema arterial de enfermos que no pueden caminar por problemas médicos asociados o bien en aquellos en los que queremos evaluar una extremidad cuya contralateral presenta una claudicación más severa que impide la valoración de aquella:

1. Se inflan manguitos en muslo a una presión 20-30 mm Hg mayor que la sistólica, manteniéndolos durante 3-5 min.
2. Esto produce una isquemia y vasodilatación distal al manguito.
3. Tras la liberación del manguito los cambios en la presión en el tobillo son similares a los observados tras ejercicio. Sin embargo, tras ejercicio las presiones en el tobillo en individuos sanos no disminuyen mientras que

se produce una disminución de la presión sistólica en el tobillo del 17-34% tras hiperemia reactiva en individuos sanos.

H. Interpretación:

1. Pacientes con obstrucción en un sector anatómico presentan una disminución menor del 50% en las presiones del tobillo
2. Pacientes con obstrucción a diferentes niveles presentan una disminución mayor al 50%

IV. Presiones segmentarias de las extremidades superiores

A. **Propiedades diagnósticas:** Igual al apartado de presiones segmentarias.

B. **Limitaciones diagnósticas:** Igual al apartado de presiones segmentarias.

C. **Técnica:** La técnica de medición es similar a la de miembros inferiores colocando un manguito de 12 por 40 cm en brazo y otro de 10 por 40 cm en antebrazo.

1. Se registran las presiones en los siguientes puntos:
 - Subclavia
 - Axilar
 - Braquial (fosa antecubital)
 - Radial (muñeca)
 - Cubital (muñeca)
2. Una diferencia de presión de 15-20 mm Hg de una presión braquial a la contralateral indica una estenosis hemodinámicamente significativa de la arteria subclavia y/o de la arteria explorada.
3. Normalmente disminuciones en la presión entre el manguito del brazo y el del antebrazo superiores a 15-20 mm Hg indican obstrucción arterial (estenosis-oclusión).
4. Las presiones entre arteria radial y cubital no deberían tener una diferencia superior a 5-10 mm Hg.

Capítulo V C

OTROS METODOS DIAGNOSTICOS

Salvador Luján.
Fundación Hospital Alcorcón

I . Tensión transcutánea de oxígeno

A. **Principio físico:** de la *medición de la tensión transcutánea de oxígeno* (TTO) es la determinación de la cantidad de moléculas de oxígeno que pasan a través de los capilares de la piel. Probablemente estas moléculas no proceden exclusivamente de los capilares cutáneos sino también de los plexos subpapilares vasculares y por lo tanto la técnica representa un método de medida indirecta de la cantidad de oxígeno que llega a la superficie cutánea.

B. **Técnica:** Las *localizaciones* más frecuentemente exploradas son:

1. Dorso del pie
2. 10 cm distal a la rótula en la cara anteromedial de la pantorrilla.
3. 10 cm proximal a la rótula.

El *punto de referencia* se suele tomar en la región infraclavicular.

C. **Interpretación:** En extremidades sin patología arterial oclusiva la mayoría de investigadores han observado una disminución de 5-6 mm Hg en la TTO desde el muslo al pie. Con la edad la TTO tiende a disminuir. Por ello se ha introducido el índice de perfusión regional que se obtiene dividiendo la TTO en la extremidad entre la TTO en región infraclavicular, el cual es independiente de edad, gasto cardíaco, y pO₂ arterial.

La mayor utilidad de la TTO es asistir en la valoración de la isquemia crítica, fundamentalmente en la predicción de cicatrización de lesiones tróficas en enfermos diabéticos. Así, valores de TTO por debajo de 25 mm Hg indica que la probabilidad de cicatrización de la lesión es muy baja. Independientemente del lugar de medición los valores normales de TTO se encuentran alrededor de 60 mm Hg. El valor normal del índice de perfusión regional es de 90%.

D. **Limitaciones:** Los valores de TTO varían en función de la distancia vertical entre el corazón y el punto de medición con lo cual disminuyen con la elevación de la extremidad y aumentan con la extremidad en posición declive. Los valores de TTO dependen de:

1. *Flujo sanguíneo cutáneo*
2. *Actividad metabólica*
3. *Disociación de la oxihemoglobina*
4. *Difusión del oxígeno a través de los tejidos*

II. Velocimetría Laser Doppler

- A. **Principio físico:** A pesar de haber sido una prueba utilizada con frecuencia hace años, todavía no está claro qué genera realmente la señal obtenida mediante este método. Existe evidencia que indica que la parte dominante que provoca la señal de la velocimetría laser Doppler es el movimiento de células sanguíneas de los plexos vasculares subpapilares y no tanto aquél en los capilares nutricionales que sólo transportan el 10% del flujo en manos y pies.
- B. **Técnica:** El registro en la piel normal tiene tres características:
1. Onda de pulso que coinciden con el ciclo cardiaco
 2. Ondas vasomotoras que ocurren 4-6 veces por min.
 3. Una velocidad media de flujo representada por la elevación del registro por encima del valor cero.
- C. **Interpretación:** En la extremidad inferior las velocidades más altas se obtienen en el primer dedo. En enfermos con enfermedad vascular periférica las ondas de pulso se atenúan, las velocidades medias están disminuidas, y las ondas vasomotoras desaparecen. Esta técnica se ha utilizado para establecer el pronóstico de una lesión trófica. Valores de velocidad media en la planta del pie por encima de 40 mV y de amplitud de onda de pulso por encima de 4 mV son criterios que establecen un buen pronóstico de cicatrización de lesiones tróficas en el pie.
- D. **Limitaciones:** Esta prueba no es un método de primera línea para el estudio diario de pacientes con enfermedad vascular periférica y, en general, gran parte de la información que proporciona se puede obtener por otros métodos más comúnmente utilizados.

III. Capilaroscopia

- A. **Principio físico:** Mediante este método que consiste en el estudio del lecho capilar periungueal bajo microscopio óptico, se estudia la morfología de los capilares nutricionales de la piel.
- B. **Interpretación:** Se describen 3 estadios en función de los grados de isquemia que presente la extremidad:
1. *Estadio A.* Los capilares se visualizan en forma de coma o punto. Todos los capilares están llenos de sangre.
 2. *Estadio B.* Los capilares no pueden ser adecuadamente enfocados por edema o cambios estructurales lo cual es el primer signo de isquemia capilar. Se pueden ver asimismo hemorragias capilares.
 3. *Estadio C.* Marcada reducción o ausencia de capilares llenos de sangre. Estos cambios se visualizan en zonas de alto riesgo de necrosis.
- C. **Limitaciones:** Este método resulta de cierta utilidad diagnóstica en algunas *conectivopatías* o *fenómenos vasomotores*.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- C. Rumwell, M. Mc Pharlin. Vascular Technology. An illustrated Review. Davies Publishing 2000.
- 2.- CB Burnham. Segmental Pressures and Doppler Velocity Waveforms in the Evaluation of Peripheral Arterial Occlusive Disease. The Journal of Vascular Technology 18(5): 249-255, 1994.
- 3.- M Wengrovitz, B Thiele. Noninvasive assessment of infrainguinal occlusive disease. Current therapy in vascular surgery. 2º edition. Ernst. Stanley. BC Decker 1991.
- 4.- RE Zierler, D Sumner. Physiologic assessment of peripheral arterial occlusive disease. Rutherford Vascular Surgery Fifth edition. Saunders.
- 5.- B Fagrell. Assessment of the microcirculation in critical limb ischemia. In Critical Limb Ischemia. A Branchereau, M Jacobs. Futura Publishing Company, INC.
- 6.- M. Miralles. Fisiopatología y exploración del sistema arterial.. Temas actuales en angiología y cirugía vascular. MA Cairols. Espaxs S.A.
- 7.- Nicolaidis AN, Sumner DS : Investigation of patients with deep vein thrombosis and chronic venous insufficiency. Los Angeles, Med-Orion, 1991, p 61.

PREGUNTAS:

1. Respecto de la presión de tobillo, la presión digital (dedos del pie) normal será:

- a. del 90%
- b. del 80%
- c. del 50%
- d. del 40%
- e. del 30%

2. Si la presión braquial de un paciente es de 168mmHg. ¿Cuál será la presión normal a nivel de muslo distal en una extremidad sana, calculada con doppler?:

- a. 220 mmHg
- b. 170mmHg
- c. 140 mmHg
- d. 110 mmHg
- e. 90mmHg

3. El criterio para determinar incompetencia de la vena safena interna en un examen con fotopleletismo grafía es:

- a. Un tiempo de llenado venoso > de 20 segundos sin torniquete.
- b. Un tiempo de llenado venoso < de 20 segundos sin torniquete, > 20 seg. con torniquete debajo de la rodilla y > de 20 seg. con torniquete encima de la rodilla.
- c. Un tiempo de llenado venoso < de 20 seg. sin torniquete, > de 20 seg. con torniquete encima de la rodilla, y < de 20 seg. con el torniquete debajo de la rodilla.
- d. Un tiempo de llenado venoso < de 20 segundos con o sin aplicación del torniquete.
- e. La fotopleletismografía no es capaz de discriminar los tipos de insuficiencia venosa.

4. La prueba que tendrá una mayor rentabilidad diagnóstica para valorar la situación hemodinámica de miembros inferiores de un paciente que presente una claudicación por dolor en pantorrilla derecha a unos 100 metros, en el que se palpan todos los pulsos de ambas extremidades inferiores es:

- a. Índice tobillo brazo
- b. Medición de presiones segmentarias en reposo
- c. Medición de presiones segmentarias tras ejercicio
- d. Medición de la tensión transcutánea de oxígeno
- e. Presión arterial en dedos pies.

5. En un paciente con clínica de síndrome postrombótico venoso, la realización de un estudio de pletismografía de aire para evaluar el vaciamiento venoso demostró una fracción de vaciado venoso del 20% respecto del volumen venoso total de la extremidad en el primer segundo. Este resultado es diagnóstico de:

- a. Obstrucción venosa moderada
- b. Obstrucción venosa leve
- c. No existe obstrucción venosa
- d. Obstrucción severa
- e. Ninguna de las anteriores

6. Una de las siguientes respuestas con respecto a la toma de presiones segmentarias es FALSA:

- a. La anchura del manguito debería ser al menos un 20% mayor que el diámetro de la extremidad en el punto explorado
- b. Un cambio igual o mayor a 0.15 en el ITB es un indicador de un empeoramiento significativo en el estado hemodinámico de la extremidad.
- c. Una disminución de la presión igual o superior a 20 mm Hg entre dos niveles consecutivos se considera significativa.
- d. La presión registrada con el manguito del muslo proximal debe ser similar a la mayor presión registrada en el brazo
- e. En pacientes en los que no es posible un colapso completo de la arteria tras inflado del manguito se registrarán valores de presión falsamente aumentados

7. ¿Cuál de los siguientes parámetros no se determina utilizando la pletismografía de aire en el estudio de la patología venosa:

- a. Índice de llenado venoso
- b. Volumen de eyección
- c. Volumen residual
- d. Volumen venoso
- e. Tiempo de reflujo venoso

8.- Un paciente de 70 años fumador, diabético tipo II e hipercolesterolémico con un ITB de 0.65 ha sido remitido para evaluar el estado de su sistema arterial por una lesión trófica en la punta del 5º dedo. En la exploración el enfermo presenta pulso femoral y poplíteo bilateral palpables con ausencia de pulsos distales. Con esta valoración cuál de las siguientes respuestas es FALSA

- a. El paciente se beneficiaría de la realización de presiones digitales con pletismografía de aire
- b. El ITB > 0.65 descarta que la lesión trófica sea de origen isquémico y probablemente será por una neuropatía diabética.
- c. El paciente se beneficiaría de la realización de presiones digitales con fotopletismografía

- d. La toma de tensión transcutánea de oxígeno puede resultar de utilidad con respecto a la posibilidad de cicatrización de la lesión.
- e. Todas las respuestas son verdaderas

9.- En un enfermo con los siguientes resultados en la toma de presiones segmentarias:

TA braquial derecha 140, TA braquial izda.130

Muslo proximal derecho160, Muslo distal derecho 100, Infragenicular 90, Supramaleolar 75.

Muslo proximal izdo. 160, Muslo distal izdo. 150, Infragenicular 70, Supramaleolar 40.

Usted establecería UNO de los siguientes diagnósticos:

- a. Oclusión fémoro-poplítea bilateral
- b. Estenosis braquial izda. Oclusión fémoro-poplítea derecha. Oclusión infrapoplítea izda.
- c. Se descarta enfermedad iliaca bilateral.
- d. Oclusión fémoro-poplítea derecha. Oclusión poplítea e infrapoplítea izda.
- e. Ninguno de los anteriores.

10. ¿Cuál de los siguientes estudios no está indicado ante la sospecha de una trombosis venosa profunda?

- a. Fotopletismografía
- b. Eco-Doppler venoso
- c. Flebografía
- d. Doppler continuo
- e. Angiorresonancia

RESPUESTAS

1b, 2b, 3 b, 4c, 5d, 6d, 7e, 8b, 9d, 10a