



Finapres y Portapres

C. Sierra y A. Coca

Unidad de Hipertensión. IDIBAPS. Hospital Clínic. Universidad de Barcelona.

MEDIDA DE LA PRESIÓN ARTERIAL

El hecho de que las cifras de presión arterial (PA) definan la hipertensión arterial (HTA) con independencia de otros criterios clínicos o biológicos, concede una extraordinaria importancia a la determinación de la misma. La medición directa, con un catéter arterial que mide la PA latido a latido, es el tipo de medición más perfecta y fue la primera históricamente en conseguirse (Stephen Hales, 1733). Sin embargo, es un método cruento, con determinados riesgos e inconvenientes y que está reservado, habitualmente, a unidades de monitorización hemodinámica cardíaca o unidades de cuidados intensivos. La aplicación de estos sistemas no puede generalizarse en la práctica clínica diaria debido a su complejidad y a la potencial peligrosidad de su uso. La medida indirecta de la PA es la única asequible en la práctica médica habitual y se realiza con una metodología que se ha modificado muy poco desde la descripción original hecha por Korotkoff en 1905. Habitualmente los manómetros de mercurio, aneroide o electrónicos son los más utilizados. Sin embargo, es preciso recordar que la PA es una variable cuantitativa dinámica íntimamente dependiente del flujo sanguíneo y de la resistencia circulatoria, y por lo tanto, está sujeta a importantes oscilaciones dependientes de la actividad física, estrés mental, momento del día, o condiciones ambientales. Por todo ello, los científicos siempre han tratado de buscar sistemas que permitan la monitorización de los parámetros biológicos del hombre, como la PA, durante su actividad diaria habitual. De este modo, a partir de 1970, se empezó a disponer de aparatos de monitorización ambulatoria de la presión arterial (MAPA) de forma intermitente durante 24 horas por métodos no invasivos, que permitían una evaluación de la PA durante la vida cotidiana del paciente, así como el análisis del comportamiento circadiano de la PA.

Posteriormente se han desarrollado otros sistemas de análisis ambulatorio de la PA basados en la velocidad de la onda del pulso, mediante el cálculo

del tiempo de recorrido de la sangre desde el ventrículo izquierdo al extremo de un dedo de la mano. Desde 1982 la determinación de la PA mediante plethismografía digital (Finapres) permite una medida continua y no invasiva de la misma, que se corresponde íntimamente con las determinaciones intra-arteriales. Posteriormente se desarrolló un modelo portátil (Portapres), que funciona con baterías y que permite un registro ambulatorio continuo de 24 horas.

No cabe duda que los sistemas de monitorización continua de la PA, capaces de registrar los valores de PA de cada latido cardíaco, son los que se impondrán en el futuro tanto por su mayor precisión en la estimación de los valores promedio de PAS y PAD como, sobre todo, por la más precisa estimación de la variabilidad.

VARIABILIDAD DE LA PRESIÓN ARTERIAL: NECESIDAD DE UNA MONITORIZACIÓN CONTINUA

Las cifras de PA varían continuamente, en función de complejos sistemas de control a corto y a largo plazo, con el objetivo de ajustar el flujo sanguíneo a las necesidades del cuerpo humano en cada momento. La importancia de la variabilidad de la PA radica en que parece guardar un estrecho paralelismo con las repercusiones cardiovasculares de la hipertensión arterial¹. Estudios sobre los mecanismos de regulación de la PA a largo plazo han mostrado que el desarrollo de una hipertensión esencial está gobernada por la función renal, a través de la regulación de la excreción de sodio y agua, y de la activación del sistema renina-angiotensina. Sin embargo, en la regulación a corto plazo de la PA durante 24 horas, el sistema cardiopulmonar y el barorreflejo juegan un papel dominante. Los métodos de MAPA que se usan habitualmente en la práctica clínica tienen el inconveniente de que las medidas son intermitentes, no continuas. De la misma manera, los valores de PAS y PAD registrados mediante estos aparatos, basados fundamentalmente en el método oscilométrico, no se obtienen simultáneamente de la misma onda de pulso. Para algunos autores, la evaluación de la variabilidad en las monitorizaciones ambulatorias no invasivas no posee valor si las lecturas se realizan en

Correspondencia: Dr. C. Sierra
Unidad de Hipertensión. IDIBAP
Hospital Clínic. Universidad de Barcelona

intervalos superiores a los 10 minutos, es decir, si no se dispone de al menos 6 lecturas cada hora para promediar. En la práctica clínica la monitorización de la PA se realiza normalmente con aparatos que miden la PA cada 15-30 minutos, esto es, una pequeña fracción de lo que está verdaderamente ocurriendo con la PA. De esta manera, la medida de la PA de una forma intermitente no puede valorar de manera precisa su variabilidad. De este modo, la medida de la PA de manera continua es imprescindible para una correcta valoración no solamente de los valores *per se* de la PA y su variabilidad², sino también de los mecanismos que la regulan.

MODELOS DE DETERMINACIÓN CONTINUA Y NO INVASIVA DE LA PRESIÓN ARTERIAL

La disponibilidad de un sistema que permita una determinación continua de la presión arterial, latido a latido, de una forma no invasiva ha sido una de las investigaciones más buscadas por los científicos desde hace años. En 1967, un fisiólogo checo llamado Jan Peňáz³ patentó un prototipo de monitorización continua y no invasiva de la presión arterial en un dedo, que se basaba en la pletismografía, es decir, en la capacidad de medir cambios de volumen de un órgano en relación con variaciones del aporte hemático a través de los vasos (*volume-clamp method*). Posteriormente, en 1982, Wesseling y cols.⁴ mejoraron este sistema y comercializaron un aparato automático, que se llamó Finapres (acrónimo de *FIN*ger Arterial *PRES*sure), capaz de monitorizar la PA de una manera continua, mediante la captación de la onda de pulso en un dedo. El método está basado en cambios de volumen arterial monitorizados mediante pletismografía digital y dispone de un método de calibración fisiológica (*physiocal*) que determina el grado de contracción de la pared arterial. El manguito de presión se coloca en un dedo de la mano, habitualmente el anular o medio, en la falange media, y mediante un servo-sistema permanece inflado continuamente a una presión igual a la presión intraarterial, impidiendo la distensión de la pared arterial, y autorregulándose de forma automática para provocar un colapso del sistema venoso y bloqueo del flujo capilar. De este modo, cambios en el volumen arterial ocasionados por la onda del pulso de cada latido cardíaco son captados por sensores pletismográficos localizados en el manguito digital. El pletismógrafo consiste en un diodo emisor de luz infrarroja y un fotodiodo receptor situados ambos en el manguito digital y que se colocan en contacto con la piel del dedo.

El sistema más moderno disponible para uso clínico es el Portapres, que permite también una mo-

nitización continua de la PA de manera dinámica a lo largo de 24 horas, a diferencia del modelo estático del Finapres. Efectivamente, el Portapres es el sistema portable del Finapres, que permite la movilidad del paciente (pasear, comer, dormir). El Portapres lleva incorporado un sistema de corrección de cambios en la presión hidrostática en función de los movimientos del dedo con respecto a un punto de referencia situado a nivel del corazón. Aunque el aporte sanguíneo en la parte distal del dedo no está completamente ocluido, habitualmente se colocan dos manguitos, uno en el dedo anular y otro en el medio, que monitorizan la PA alternativamente cada 30 minutos, con lo que se evita el disconfort que puede suponer el inflado permanente en un solo dedo. Su sofisticado sistema informático puede calcular el valor promedio de presión de los aproximadamente 100.000 latidos de un día completo.

El análisis de las señales obtenidas mediante Finapres y Portapres no sólo permiten el cálculo de la PA y de la variabilidad, sino que también se pueden obtener estimaciones válidas del gasto cardíaco, resistencia periférica total, sensibilidad barorrefleja, e índices de actividad simpática sobre el tono vasomotor. No obstante, su altísimo coste y complejidad de mantenimiento hacen que su uso se limite casi exclusivamente a Centros de investigación.

ANÁLISIS SECUENCIAL Y ESPECTRAL DE LA VARIABILIDAD DE LA PA Y FC

La PA y la FC experimentan fluctuaciones u oscilaciones rítmicas y no rítmicas en la vida diaria habitual. Estas fluctuaciones son el resultado de la interacción entre estímulos externos e influencias conductuales de cada individuo por un lado y los mecanismos implicados en la regulación del sistema cardiovascular. El método más simple para cuantificar estas fluctuaciones es el cálculo de las desviaciones estándar de la PA y FC obtenidas en los registros, que proporcionaría una medida de la variabilidad de la PA y FC del período registrado. Sin embargo, este método no permite separar los diferentes componentes de la variabilidad de la PA y FC, que son los que podrían reflejar los mecanismos de regulación específicos. Para el estudio de los diferentes componentes de la variabilidad de la PA y FC es preciso realizar un análisis secuencial y espectral de los registros obtenidos latido a latido. El análisis secuencial y espectral de las fluctuaciones de la PA y de la FC, en dominio de tiempo y de frecuencia respectivamente, está considerado como el único método de investigar los mecanismos que regulan el sistema cardiovascular y para ello se necesita una obtención de los valores de PA latido a latido, ya

sea mediante catéter intraarterial (método invasivo) o mediante monitorización continua y no invasiva como las obtenidas con un Finapres o un Portapres.

El *análisis secuencial*, en dominio de tiempo, cuantifica el número y la pendiente de secuencias de 3 o más latidos cardíacos consecutivos, caracterizadas por hipertensión/bradicardia o hipotensión/taquicardia. El interés de este tipo de análisis se basa en que estas secuencias están mediadas por el barorreflejo arterial y su valoración permite una evaluación dinámica de la sensibilidad del barorreflejo sobre el control de la frecuencia cardíaca, frente a distintos comportamientos.

El *análisis espectral*, en dominio de frecuencia, de estas oscilaciones que se producen habitualmente en un período inferior a 1 minuto se divide frecuentemente en tres regiones espectrales. Una región incluye oscilaciones que se sitúan en una banda de frecuencia alta, entre 0,2 y 0,4 Hz (high frequency, HF); otra región incluye oscilaciones centradas en una frecuencia alrededor de 0,1 Hz (mid frequency band, MF) y una tercera región comprende oscilaciones entre 0,02 y 0,07 (low frequency band, LF). Su cuantificación ofrece una valoración de los mecanismos responsables de la regulación cardiovascular.

Fluctuaciones de la PA y FC entre 0,2 y 0,4 Hz (HF)

Las oscilaciones que se producen en un período corto de tiempo, inferior a 3-5 segundos, fueron descritas inicialmente por Hales asociadas a la frecuencia respiratoria y en 1869 Hering las relacionó con la influencia mecánica que produce la actividad respiratoria sobre el corazón y los vasos intratorácicos⁵. Se estima que las oscilaciones de la PA y FC que se sitúan en este período dependerían, en parte, del control parasimpático ejercido sobre el corazón.

Fluctuaciones de la PA y FC a 0,1 Hz (MF)

En 1876 Mayer⁵ observó que la PA mostraba unas oscilaciones rítmicas a una frecuencia inferior a la observada en el ciclo respiratorio y atribuyó como posible origen las fluctuaciones del tono vasomotor. Esta teoría se confirmó posteriormente y se evidenció que las fluctuaciones de la PA observadas a una frecuencia de 0,1 Hz podrían ser un marcador de la actividad del sistema simpático a nivel vascular y, de la misma manera, las correspondientes fluctuaciones de la FC reflejarían la actividad simpática cardíaca. Así, en aquellas condiciones en que la actividad del sistema simpático está aumentada (p.e.

cambios ortostáticos, estrés mental), aumentan las oscilaciones de la PA y FC observadas en la banda de frecuencia media. Por el contrario, si la actividad simpática está reducida (p.e. durante el sueño) este poder espectral disminuiría. No obstante, estudios más recientes han mostrado que el sistema parasimpático también ejerce algún tipo de influencia sobre estas oscilaciones y, de este modo, las oscilaciones observadas en esta frecuencia no se deberían considerar marcadores específicos de la actividad simpática.

Fluctuaciones de la PA y FC entre 0,02 y 0,07 Hz (LF)

Las oscilaciones lentas de la PA, es decir, las que se producen en un período de tiempo superior a 15-20 segundos, fueron descritas por primera vez en humanos en 1939⁵. Algunos autores sugieren que estas fluctuaciones están relacionadas con el sistema renina-angiotensina, factores endoteliales o con el sistema de termorregulación.

LIMITACIONES METODOLÓGICAS DEL FINAPRES/PORTAPRES

En la revisión efectuada por Imholz y cols.⁶ de los diferentes estudios realizados con estos aparatos y que incluía 1.031 individuos, sólo en 33 individuos fue imposible la determinación de la PA. Las causas fueron problemas técnicos inherentes a los primeros aparatos comercializados, inapropiado tamaño de los manguitos de los dedos, ambiente frío o enfermedad vascular. Efectivamente, pacientes afectos de vasculopatía periférica, fenómeno de Raynaud, o todos aquellos estados que comportan una vasoconstricción, dificultan la monitorización. De la misma manera, con referencia al Portapres y a pesar de que permite la movilidad del paciente, todos aquellos movimientos bruscos o violentos de la mano impiden una correcta monitorización. Por todo ello, es necesario recomendar al paciente que limite los movimientos de la mano y aconsejarle que proteja la mano del frío si realiza paseos por el exterior.

CONTRIBUCIÓN CIENTÍFICA DE LA MONITORIZACIÓN CONTINUA NO INVASIVA DE LA PA

En los últimos 15 años se han realizado diversos estudios de investigación con el Finapres y el Por-

tapres. Los primeros estudios se realizaron fundamentalmente para validar los aparatos. Así, Parati y cols.⁷ demostraron que los registros de PA obtenidos con Finapres se correspondían con los obtenidos de forma simultánea latido a latido mediante un catéter intraarterial en el brazo contralateral. Omboni y cols.⁸ también objetivaron que el análisis espectral y secuencial de la variabilidad de la PA de registros obtenidos con Finapres eran similares a los obtenidos simultáneamente con un catéter intraarterial, aunque existía una tendencia a la sobrestimación de la variabilidad de la PAS. Posteriormente, Imholz y cols.⁹ también demostró similares registros de PA obtenidos de forma simultánea mediante Portapres y catéter intraarterial. Igualmente, Omboni y cols.¹⁰ comprobaron que los registros obtenidos con Portapres se correspondían con los obtenidos de forma invasiva con catéter intraarterial, en referencia al análisis espectral y secuencial de la variabilidad de la PA, con las mismas limitaciones que en el estudio con Finapres.

Las investigaciones realizadas hasta la fecha con el Finapres y Portapres en el área de la hipertensión arterial son principalmente experimentales y se han dirigido a estudiar cuáles son los mecanismos reguladores de la PA, así como los mecanismos patogénicos que condicionan la aparición de una hipertensión. También se han efectuado estudios de variabilidad de la PA, el efecto de algunos fármacos sobre la misma, así como cambios de PA observados en pacientes con una disfunción del sistema nervioso autónomo. Recientemente se han utilizado estas técnicas en estudios más clínicos, como la asociación entre la PA y la variabilidad de la PA determinadas mediante Finapres y el pronóstico después de padecer un accidente vascular cerebral isquémico¹¹, o la relación entre la PA y la variabilidad de la PA determinadas mediante Portapres y la presencia de lesiones silentes de sustancia blanca cerebral en pacientes hipertensos¹².

BIBLIOGRAFÍA

1. Frattola A, Parati G, Cuspidi C, Albini F, Mancia G. Prognostic value of 24-hour blood pressure variability. *J Hypertens* 11: 1133-1137, 1993.
2. Di Rienzo M, Grassi G, Pedotti A, Mancia G. Continuous versus intermittent blood pressure measurements in estimating 24-hour average blood pressure. *Hypertension* 5: 264-269, 1983.
3. Peñáz J: Photoelectric measurement of blood pressure, volume and flow in the finger. En: Albert A, Vogt W, Helbig W, De. Digest of the 10th International Conference on Medical and Biological Engineering. Dresden, Germany: International Federation for Medical and Biological Engineering 104. Abstract., 1973.
4. Wesseling KH, de Wit B, Settels JJ, Klawer WH: On the indirect registration of finger blood pressure after Peñáz. *Funk Biol Med* 1: 245-250, 1982.
5. Koepchen HP. History of studies and concepts of blood pressure waves. En: Miyakawa K, Polosa C, Koepchen HP, Eds. *Mechanisms of blood pressure waves*. Berlin: Springer-Verlag, 3-23, 1984.
6. Imholz BPM, Wieling W, van Montfrans GA, Wesseling KH: Fifteen years experience with finger arterial pressure monitoring: assessment of the technology. *Cardiovasc Res* 38: 605-616, 1998.
7. Parati G, Casadei R, Gropelli A, Di Rienzo M, Mancia G: Comparison of finger and intra-arterial blood pressure monitoring at rest and during laboratory testing. *Hypertension* 13: 647-655, 1989.
8. Omboni S, Parati G, Frattola A, Mutti E, Di Rienzo M, Castiglioni P, Mancia G. Spectral and sequence analysis of finger blood pressure variability. *Hypertension* 22: 26-33, 1993.
9. Imholz BPM, Langewouters GJ, van Montfrans GA, Parati G, van Goudoever J, Wesseling KH, Wieling W, Mancia G: Feasibility of ambulatory, continuous 24-hour finger arterial pressure recording. *Hypertension* 21: 65-73, 1993.
10. Omboni S, Parati G, Castiglioni P, Di Rienzo M, Imholz BPM, Langewouters GJ, Wesseling KH, Mancia G: Estimation of blood pressure variability from 24-hour ambulatory finger blood pressure. *Hypertension* 32: 52-58, 1998.
11. Dawson SL, Manktelow BN, Robinson TG, Panerai RB, Potter JF: Which parameters of beat-to-beat blood pressure and variability best predict early outcome after acute ischemic stroke? *Stroke* 31: 463-468, 2000.
12. Gómez-Angelats E, Sierra C, de la Sierra A, Aguilera MT, Bragulat E, Antonio MT, Mercader J, Coca A: 24-hour noninvasive continuous finger blood pressure variability and cerebral white matter lesions. *Am J Hypertens* 13: 233A, 2000.