Artículo de Revisión
Clin. Med. H.C.C. 2026; 17(1): 41-45.

Sobre la estimación precisa de la presión arterial media en la práctica médica

José Andrés Octavio[1] .

Resumen

En la determinación habitual de la presión arterial, sea con equipos oscilométricos o esfigmomanométricos, en personas o en pacientes ambulatorios, generalmente con frecuencias cardíacas en los rangos fisiológicos habituales, el valor de la presión arterial media puede obtenerse adecuadamente con la fórmula convencional, muy conocida, que considera que el tiempo de eyección corresponde a un tercio del ciclo cardíaco, que no es siempre el caso. Sin embargo, la estimación de la PAM "real", tomando en cuente la verdadera relación entre tiempo de eyección /ciclo cardíaco) o cálculo ponderado) se vuelve importante en pacientes críticos (shock de diferentes tipos, sepsis o eventos cerebrovasculares), con niveles muy elevados o muy bajos de frecuencias cardiacas, en los que se requiere una aproximación de mayor exactitud para la evaluación del paciente o para el cálculo de la resistencia periférica, puede ser necesario el cálculo ponderado de la PAM. En 110 sujetos en ritmo sinusal y sin evidencia de lesión miocárdica o valvular, se midió la duración del ciclo cardíaco y de la eyección aórtica mediante ECO-*Doppler* aórtico, con lo cual se obtuvo la relación tiempo de eyección/duración ciclo cardíaco (TE/CC) para el cálculo de PAM ponderada. La presión arterial se midió simultáneamente con equipos oscilométricos. Se analizó el comportamiento de esta relación en un amplio rango de frecuencias cardíacas en reposo. Estos resultados nuestros mostraron que a frecuencias cardíacas (FCs) bajas, la PAMc sobreestima el valor "real" o ponderado, mientras que a FCs elevadas, el cálculo convencional subestima el valor "real" o ponderado, de la PAM. A las FCs intermedias o habituales, no existen diferencias importantes en la estimación de la PAM por ambos cálculos.

Palabras claves: Presión arterial media ponderada, frecuencia cardíaca.

On the accurate estimation of mean arterial pressure in medical practice.

Abstract

In routine blood pressure measurements, whether using oscillometric or sphygmomanometric equipment, in individuals or ambulatory patients, generally with heart rates within normal physiological ranges, the calculated mean arterial pressure (MAP) value can be adequately obtained using the well-known conventional formula, which assumes that ejection time corresponds to one-third of the cardiac cycle, which is not always the case. However, estimating the "real" MAP (taking into account the true relationship between ejection time and cardiac cycle), or weighted calculation, becomes important in critically ill patients (those with various types of shock, sepsis, or cerebrovascular events), with very high or very low heart rates, where a more accurate approximation is required for patient assessment or for calculating peripheral resistance. In these cases, a weighted calculation of MAP may be necessary. In 110 subjects in sinus rhythm with no evidence of myocardial or valve injury. In these subjects, the duration of the cardiac cycle and aortic ejection was measured using aortic Doppler echocardiography, yielding the ejection time/cardiac cycle duration (ET/CC) ratio for calculating weighted mean arterial pressure (MAP). Blood pressure was measured simultaneously using oscillometric equipment. The behavior of this ratio was analyzed across a wide range of resting heart rates. Our results showed that at low heart rates (HRs), the weighted MAP overestimates the "true" or weighted value, while at high HRs, the conventional calculation underestimates the "true" or weighted value of the MAP. At intermediate or usual heart rates, there are no significant differences in the estimation of MAP by both calculations.

Key words. Weighted mean blood pressure, heart raten.

Introducción

Como es conocido, la presión arterial media (PAM) es la presión de perfusión de la mayoría de los órganos y tejidos (1). Sin embargo, la mayoría de estudios (2,3) que demuestran la relación de la presión arterial con el riesgo cardiovascular han sido realizados con los valores sistólico (PAS) y/o diastólico (PAD), y no con la PAM, aunque algunos de éstos últimos también han mostrado, una relación evidente con el riesgo cardiovascular (4,5). Por otra parte, la PAM es fundamental para el cálculo de la resistencia periférica total (1), requerido para el manejo de pacientes en situaciones críticas, o en pacientes en pruebas cardiopulmonares en ejercicio en las cuales se hace importante disponer de un valor numérico preciso de la PAM cada vez que sea necesario valorar la resistencia periférica total.

Habitualmente, el valor de la PAM se obtiene mediante el uso de la fórmula convencional

[1]Hospital de Clínicas Caracas, Venezuela.
Correspondencia: José Andrés Octavio, joseandres.octavio@gmail.com

(PAMc), que equivale a (PAS+2x PAD)/3 o, expresada de otra manera: [PAMc = (PAS-PAD) x 0,33 + PAD] (6). La utilización del multiplicador "0,3" deriva del hecho de que, a las frecuencias cardíacas (FCs) habituales (50-80 latidos por minuto), la duración del período de eyección sistólica (Tiempo de eyección, TE) representa aproximadamente un 1/3 de la duración del ciclo cardíaco (CC) (6), pero ese no es siempre el caso (7,8). Estudios experimentales con medición directa de la presión arterial realizados con catéteres intra-arteriales han mostrado que la duración de la diástole, y por tanto la duración del CC, se acorta en la medida en que aumenta la FC y en consecuencia la relación TE/CC va aumentando durante la taquicardia (9), y el mismo resultado se ha reportado en estudios realizados en sujetos humanos durante el ejercicio (10), o mediante taquicardia inducida por marcapasos (11), o durante stress (12).

Otros estudios realizados en pacientes durante el período inmediato postejercicio (13), han mostrado que, a valores máximos de FC, la PAM calculada con la fórmula convencional es menor que la calculada cuando en la fórmula se substituye el multiplicador "0,3" por la relación TE/CC obtenida en ese momento. Estos estudios han dado lugar a la utilización de una fórmula de PAM "ponderada" (PAMp), calculada como (PAD x TE/CC + PAD. La diferencia entre las presiones arteriales medias calculadas con las fórmulas "convencional" y "ponderada" (PAMc – PAMp), se hace evidente durante la taquicardia. Naturalmente, el mismo comportamiento se observa en la resistencia periférica total, la cual resulta subestimada durante la taquicardia al utilizar la fórmula convencional para su cálculo. o cuando se mide la presión con técnicas oscilométricas, lo cual ha sido atribuido a diferencias en las ondas del pulso, a la edad de los sujetos o a valores de la presión del pulso. Esto ha dado lugar al surgimiento de factores de corrección agregados a la fórmula convencional (11-14), para compensar las medidas de PAM obtenidas con equipos convencionales de consultorio que no muestran la PAM.

En estos diferentes estudios, los valores de frecuencia cardíaca han oscilado entre 50 lpm y 180, pero no se han realizado en rangos de frecuencia cardíaca más amplios de sujetos en reposo, iniciando con valores de bradicardia significativa.

Nosotros hemos realizado en los últimos dos años un estudio (14) en pacientes en reposo y con un amplio margen de frecuencias cardíacas, que iban desde 34 hasta 110 latidos por minuto. Se estudiaron 110 sujetos en ritmo sinusal y sin evidencia de lesión miocárdica o valvular. En estos sujetos se midió la duración del ciclo cardíaco y de la eyección aórtica mediante ECO-Doppler aórtico, con lo cual se obtuvo la relación TE/CC para el cálculo de PAM ponderada. Se analizó el comportamiento de esta relación a las diferentes frecuencias cardíacas de los sujetos en reposo. Se midió simultáneamente la presión arterial por triplicado con equipos oscilométricos validados.

En nuestro estudio, como se muestra en la figura 1, existe una clara relación entre los valores del cociente TE/CC y las frecuencias cardíacas en reposo, siendo esta relación más elevada a medida que las frecuencias cardíacas de los sujetos eran más altas. Este hallazgo coincide con lo ya señalado en la literatura.

Se calculó, la PAM con la fórmula convencional (PAMc) y con la fórmula ponderada, (PAMp) que toma en cuenta no el valor de 0,3 (convencional), sino el valor de la relación TE/CC. Existen diferencias entre ambos cálculos de PAM y, el hecho más relevante, es el que estas diferencias fueron acentuadas a las bajas y altas frecuencias cardíacas y casi inexistentes en las frecuencias cardíacas habituales o intermedias, como se muestra en la figura 2. En ella se observa, que a frecuencias elevadas la PAMc es menor que el valor de la PAMp, como está descrito en la literatura. A las frecuencias cardiacas bajas, por el contrario, la PAMc es mayor que la PAMp. Este último hallazgo no lo hemos encontrado en la literatura, tal vez porque estas FCs bajas no han sido incluidas

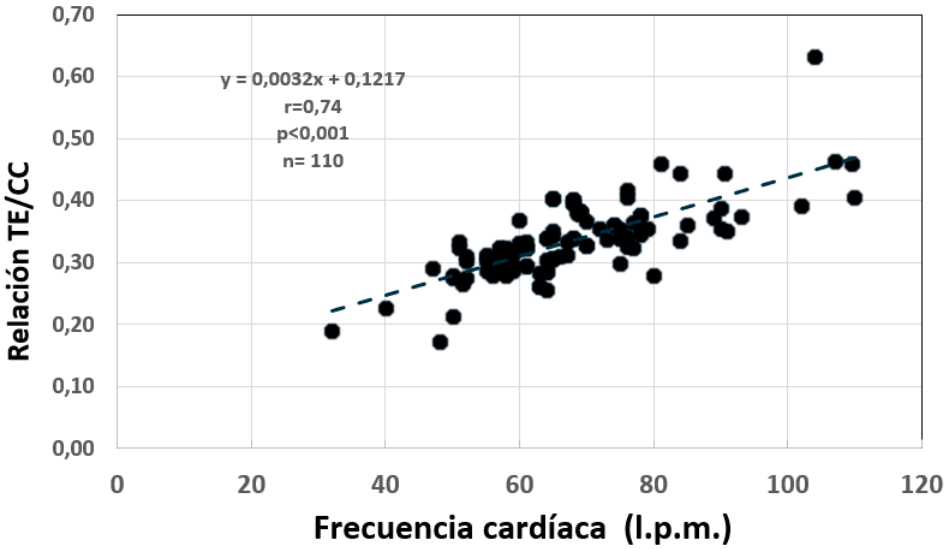

Figura 1. ***Relación entre los valores del cociente TE/CC y las frecuencias cardíacas en reposo***

en los diferentes estudios. En nuestro estudio las diferencias de PAMc-PAMp pueden ser de hasta +12,6 mmHg a las bajas FCs y, a las altas FCs, hasta -12,7 mmHg.

La implicación más importante de estos, nuestros resultados, la podemos observar en la figura 3. En ella se analiza por quintiles de FCs el nivel de estimación de la PAM por ambos cálculos; a las FCs bajas, la PAMc sobreestima el valor "real" o ponderado, de la PAM. A FCs elevadas, el cálculo convencional subestima el valor "real", o ponderado, de la PAM. A las FCs intermedias o habituales, no existen diferencias importantes en la estimación de la PAM por ambos cálculos.

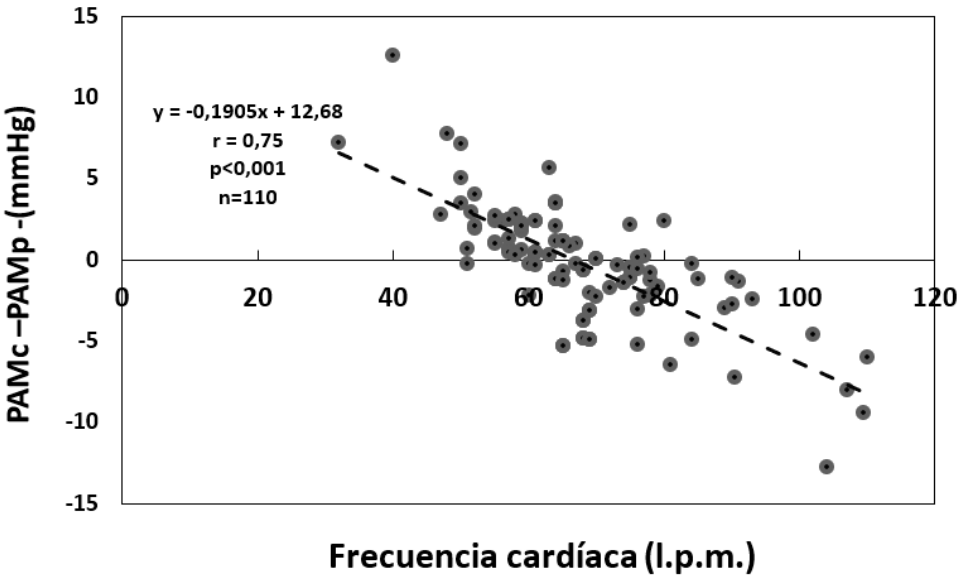

Figura 2. ***PAMc y PAMp y su variación con la frecuencia cardíaca***

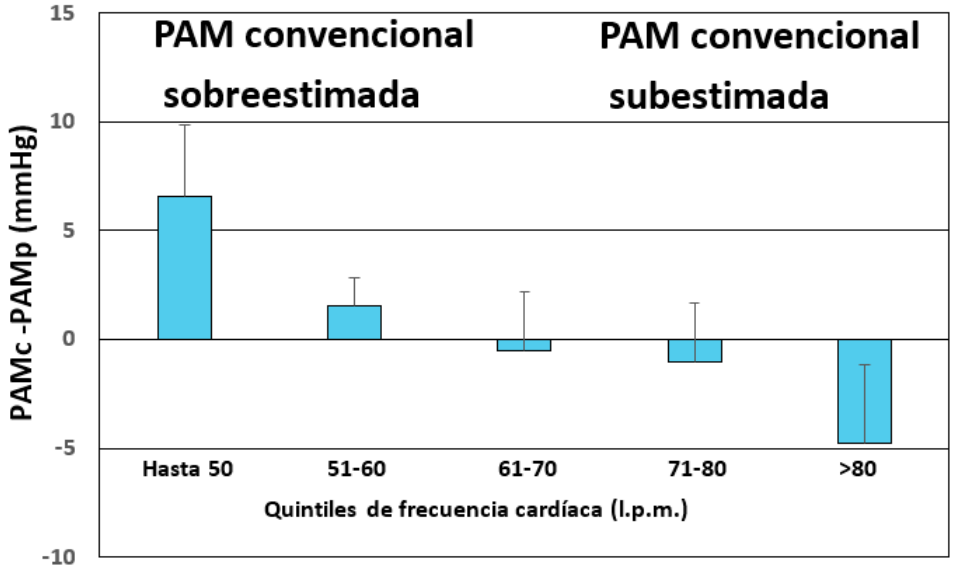

Figura 3. ***Diferencias entre la PAM convencional y la PAM ponderada con relación a los valores de frecuencia cardíaca agrupados en quintiles y sus desviaciones estándar. P < 0,01 para la tendencia.***

En la determinación habitual de la presión arterial, sea con equipos oscilométricos o esfigmomanométricos, en personas o en pacientes ambulatorios, generalmente con FCs en los rangos fisiológicos habituales, el valor de PAM calculado puede obtenerse adecuadamente con la fórmula convencional, muy conocida. Sin embargo, la estimación de la PAM "real" se vuelve importante en pacientes críticos (Shock de diferentes tipos, sepsis o eventos cerebrovasculares), con niveles muy elevados o muy bajos de presión arterial y frecuencias cardiacas, en los que se requiere una aproximación de mayor exactitud para la evaluación del paciente o para el cálculo de la resistencia periférica, puede ser necesario el cálculo ponderado de la PAM.

Afortunadamente, en los ambientes de atención de pacientes críticos o durante procedimientos quirúrgicos, existen equipos oscilométricos que muestran no sólo las presiones sistólica y diastólica, sino que muestran también el valor de la PAM -obtenida inicialmente- y derivando de ella la PAS y la PAD mediante algoritmos que son propiedad da las empresas que fabrican estos equipos, u obtenida con procedimientos invasivos intra-arteriales, donde la PAM se obtiene por amortiguación electrónica de la señal resultante.

Por último, la relación TE/CC, para obtener la PAM ponderada, puede estimarse en forma aproximada utilizando el ECG; el tiempo de eyección, que se aproxima a la duración del periodo S-ST y, el ciclo cardíaco como la inversa de la FC obtenida en el mismo ECG, como ha sido descrito (15).

En conclusión, la PAM, si se requiere, puede estimarse con la fórmula convencional en las medidas de consultorio, que habitualmente no muestran la PAM. Pero cuando se trate de pacientes críticos, en quienes se requiera conocer la verdadera presión de perfusión, con frecuencias cardíacas muy altas o muy bajas, debe tomarse en cuenta que existe un error variable de la estimación de la PAM si se aplica la fórmula convencional.

Conflicto de interés: El autor declara no tener conflictos de intereses en relación con el presente estudio.

Financiamiento: ninguno.

Referencias

1. Best and Taylor. Cardiovascular Physiology. cap 6. 13th Edition. 2011.
2. Kannel WB, Dawber TR, Kagan A, Revotskie N, Stokes J 3rd. Factors of risk in the development of coronary heart disease. The Framingham study. Ann Intern Med. 1961; 55:33–50; doi: 10.7326/0003-4819-55-1-33.
3. Lewington S, Clarke R, Qizilbash N, Peto R, Collins R; Prospective Studies Collaboration. Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. Lancet. 2002 Dec 14;360(9349):1903-13. doi: 10.1016/s0140-6736(02)11911-8.
4. Sesso HD, Stampfer MJ, Rosner B, Hennekens CH, Gaziano JM, Manson JE, Glynn RJ. Systolic and diastolic blood pressure, pulse pressure, and mean arterial pressure as predictors of cardiovascular disease risk in Men. Hypertension. 2000 Nov;36(5):801-7. doi: 10.1161/01.hyp.36.5.801.
5. Van Trijp MJ, Grobbee DE, Peeters PH, van Der Schouw YT, Bots ML. Average blood pressure and cardiovascular disease-related mortality in middle-aged women. Am J Hypertens 2005; 18:197–201; doi: 10.1016/j.amjhyper.2004.09.005.
6. Cywinski J. The essentials in pressure monitoring. Boston: Martinus Nijho. V Publishers bv. 1980:23.4.
7. Meaney E, Alva F, Moguel R, Meaney A, Alva J, Webel R. Formula and nomogram for the sphygmomanometric calculation of the mean arterial pressure. Heart. 2000 Jul;84(1):64. doi: 10.1136/heart.84.1.64.
8. Bos WJ, Verrij E, Vincent HH, Westerhof BE, Parati G, van Montfrans GA. How to assess mean blood pressure properly at the brachial artery level. J Hypertens. 2007 Apr;25(4):751-5. doi: 10.1097/HJH.0b013e32803fb621.
9. Kaypakli O, Özgeyik M. The effect of heart rate and pulse pressure on mean arterial pressure: the combined formula for calculation of mean arterial pressure. Blood Press Monit. 2021 Oct 1;26(5):373-379. doi: 10.1097/MBP.0000000000000548.
10. Moran D, Epstein Y, Keren G, Laor A, Sherez J, Shapiro Y. Calculation of mean arterial pressure during exercise as a function of heart rate. Appl Human Sci. 1995 Nov;14(6):293-5. doi: 10.2114/ahs.14.293.
11. Razminia M, Trivedi A, Molnar J, Elbzour M, Guerrero M, Salem Y, Ahmed A, Khosla S, Lubell DL. Validation of a new formula for mean arterial pressure calculation: the new formula is superior to the standard formula. Catheter Cardiovasc Interv. 2004 Dec;63(4):419-25. doi: 10.1002/ccd.20217.
12. Grillo A, Salvi P, Furlanis G, Baldi C, Rovina M, Salvi L, Faini A, Bilo G, Fabris B, Carretta R, Benetos A, Parati G. Mean arterial pressure estimated by brachial pulse wave analysis and comparison with currently used algorithms. J Hypertens. 2020 Nov;38(11):2161-2168.
13. Sainas G, Milia R, Palazzolo G, Ibba G, Marongiu E, Roberto S, *et al*. Mean Blood Pressure Assessment during Post-Exercise: Result from Two Different Methods of Calculation. J Sports Sci Med. 2016 Aug 5;15(3):424-433.
14. Octavio JA, Azpúrua B, Amair P, Pineda T, Bello Z, Esis C, Silva E, Parati G. Estimation of mean blood pressure by the conventional formula, compared with that obtained with the calculation taking into account the duration of ejection time and cardiac cycle. Journal of Hypertension, (abstract). May. 2025
15. Rogers G, Oosthuyse T. A comparison of the indirect estimate of mean arterial pressure calculated by the conventional equation and calculated to compensate for a change in heart rate. Int J Sports Med. 2000 Feb;21(2):90-5. doi: 10.1055/s-2000-8865.