



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN
SALVADOR ZUBIRÁN**

**UTILIDAD DE LA PRESIÓN DE PULSO COMO SUBROGADO DEL
VOLUMEN SISTÓLICO EN PACIENTES CON CHOQUE**

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LA SUBESPECIALIDAD EN
MEDICINA CRÍTICA

PRESENTA:
DR. FRANCISCO EDUARDO DARDÓN FIERRO

TUTORES DE TESIS:
DR. JOSÉ ÁNGEL BALTAZAR TORRES
DR. LUIS ADRIÁN SOTO MOTA

CIUDAD DE MÉXICO, SEPTIEMBRE DE 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a mis padres y al mundo.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	2
INDICE	3
RESUMEN	4
ANTECEDENTES CIENTÍFICOS	6
OBJETIVOS.....	9
JUSTIFICACIÓN	10
PACIENTES Y MÉTODOS	11
CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	13
RESULTADOS.....	14
DISCUSIÓN.....	22
CONCLUSIONES	24
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

RESUMEN

Título

Utilidad de la presión de pulso como subrogado del volumen sistólico en pacientes con choque.

Antecedentes científicos

El volumen sistólico indizado (IVS) representa la cantidad de sangre que expulsa el corazón en cada latido, ajustado a la superficie corporal del paciente. Es un importante parámetro hemodinámico en los pacientes con choque, que puede monitorizarse de manera invasiva o no invasiva. Sin embargo, las herramientas necesarias para su medición no están disponibles de manera global. La presión de pulso (PP) puede ser medida de manera fácil y rápida e los pacientes con choque y no requiere de instrumentos sofisticados para su medición. Se ha propuesto que los cambios en el IVS pueden reflejar cambios en la PP, por lo que nosotros pensamos que la PP podría utilizarse como un subrogado del IVS en el monitoreo de los pacientes con choque.

Pacientes y métodos

Incluimos pacientes de ambos sexos, mayores de 18 años, ingresados a la unidad de cuidados intensivos (UCI) y que requirieran la colocación de catéter de flotación en la arteria pulmonar (CFAP) y línea arterial. Recabamos variables demográficas y clínicas y medimos la PP de manera invasiva y no invasiva y el IVS mediante el CFAP y por ecocardiografía. Evaluamos la concordancia mediante análisis de Bland-Altman entre los valores de la PP e IVS medidos de manera invasiva y no invasiva y la correlación entre la PP y el IVS mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Un valor de $p < 0.05$ se consideró estadísticamente significativo.

Resultados

Se analizan 21 pacientes, 52.4% del sexo femenino, edad promedio de 55.2 años, 42.9% con hipertensión arterial sistémica y cirrosis hepática, mediana de la calificación APACHE II de 12 y

promedio de la calificación SOFA de 10.1. Las causas más frecuentes de ingreso a la unidad de cuidados intensivos fueron choque cardiogénico y posoperatorio de trasplante hepático. La mediana de la PP invasiva fue de 48 mmHg y de la PP no invasiva de 43 mmHg, ($p = 0.917$). La mediana del IVS medido por ecocardiografía fue de 36.8 ± 13.3 vs 33.1 ± 14.3 ml/m² del medido por CFAP ($p = 0.080$). El análisis de Bland-Altman entre la PP invasiva y no invasiva mostró dispersión de hasta 30 mmHg y entre el IVS por ecocardiografía y por CFAP mostró valores dispersos hasta en 20 ml/m². La correlación entre la PP invasiva y el IVS por CFAP mostró $r = 0.212$ ($p = 0.356$), entre la PP invasiva y el IVS por ecocardiografía $r = 0.117$ ($p = 0.614$), entre la PP no invasiva y el IVS por CFAP $r = 0.354$ ($p = 0.116$) y entre la PP no invasiva y el IVS por ecocardiografía $r = 0.428$ ($p = 0.053$).

Conclusiones

La concordancia entre los valores de la PP medidos de manera invasiva y no invasiva fue pobre. De igual manera, la concordancia entre los valores del IVS medidos por CFAP y por ecocardiografía no fue adecuada. Los valores de la PP y los valores del IVS tienen una correlación positiva débil, independientemente de si se miden de manera invasiva o no invasiva, pero en ningún caso alcanzan significancia estadística. La PP no puede utilizarse como un subrogado del IVS en el monitoreo hemodinámico de los pacientes con choque.

ANTECEDENTES CIENTÍFICOS

El choque circulatorio es un síndrome frecuente en los pacientes que ingresan a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI). Se considera que hasta un tercio de ellos presentan choque en algún momento de la estancia en la UCI y que la presencia de choque impacta negativamente el pronóstico del enfermo.^{1,2}

El gasto cardiaco (GC) es la variable hemodinámica más importante del estado circulatorio y depende de varios factores, entre ellos precarga, poscarga, contractilidad y frecuencia cardiaca (FC). Los tres primeros determinan la cantidad de sangre que es expulsada por los ventrículos durante la sístole, la cual es denominada volumen sistólico (VS). Al multiplicar el VS por la FC se obtiene el valor del GC, por lo tanto, $GC = VS \cdot FC$.³ De acuerdo con el modelo de Windkessel, la circulación sanguínea puede describirse en términos de resistencia y capacitancia trabajando en paralelo. La capacitancia está determinada por la distensibilidad, la cual se define como la capacidad de una estructura para tolerar incrementos en el volumen en relación con incrementos en la presión ($\Delta\text{volumen}/\Delta\text{presión}$).⁴ La distensibilidad vascular está determinada principalmente por la aorta y sus ramas principales y puede estimarse mediante la siguiente fórmula: $D = VS/PP$, en donde D es la distensibilidad, VS es el volumen sistólico y PP es la presión de pulso. Al despejar esta ecuación, obtenemos que $PP = VS/D$. Por ello, podemos asumir que los cambios en la PP pueden ser explicados por los cambios en el VS, la D o ambos.³ El modelo de Windkessel se considera insuficiente para explicar la PP debido a que el sistema arterial se bifurca en múltiples ocasiones. Estas bifurcaciones producen ondas retrógradas que, al encontrarse con las ondas anterógradas generadas por la contracción del ventrículo izquierdo, pueden contribuir a la generación de la PP.⁴

Dependiendo del patrón hemodinámico, el choque se ha clasificado en cuatro tipos: hipovolémico, cardiogénico, distributivo y obstructivo. El choque distributivo se caracteriza por un incremento en el GC, mientras que en los otros tres tipos de choque el GC está disminuido.⁵ El interrogatorio y la exploración física son piezas fundamentales en la evaluación de los pacientes con choque, pero son insuficientes para caracterizar el tipo de choque. La evaluación hemodinámica permite identificar el tipo de choque y, con esta información, dirigir la estrategia de tratamiento hacia la causa que origina la

inestabilidad hemodinámica. Existen múltiples herramientas, tanto invasivas como no invasivas, que permiten realizar una evaluación más profunda de las condiciones hemodinámicas de un paciente con choque. Algunas frecuentemente utilizadas son la pletismografía de pulso, el ultrasonido (USG) en el sitio de atención del paciente, el análisis de la curva de presión arterial invasiva y el catéter de flotación en la arteria pulmonar (CFAP), el cual se considera el estándar de oro para la evaluación hemodinámica.⁶ El GC puede ser medido mediante termo dilución a través del CFAP y, consecuentemente, puede calcularse el VS mediante la fórmula $VS = GC/FC$. El VS puede también estimarse con el uso de USG a la cabecera del enfermo.^{7,8} Subsecuentemente, el VS puede ajustarse a las características propias del paciente mediante el cálculo del índice de volumen sistólico (IVS), el cual resulta de dividir el VS entre la superficie corporal (SC) del enfermo. Sin embargo, estas herramientas no están accesibles de forma global, sobre todo en países con recursos limitados, por lo que en ocasiones no puede realizarse una evaluación hemodinámica adecuada.⁹

En la evaluación clínica inicial de un paciente con choque, la medición de la presión arterial se realiza de manera rutinaria, obteniendo los valores de presión durante la sístole y la diástole. Con ellos, se puede calcular el valor de la PP como la diferencia entre la presión sistólica y la diastólica. La presión arterial puede ser medida de forma no invasiva, pero se considera que el estándar de oro es la medición invasiva a través de un catéter colocado directamente en la luz arterial.^{10,11}

La utilidad clínica de la PP en la evaluación hemodinámica de los pacientes con choque ha sido explorada de diferentes maneras. Un estudio evaluó la PP como una herramienta para distinguir entre los diferentes tipos de choque. Sin embargo, los autores no encontraron diferencias significativas en la PP de los pacientes con diferentes patrones hemodinámicos.¹² Otro estudio concluyó que la PP medida en la arteria radial no fue útil para predecir respuesta a líquidos, cuando se comparó contra el GC medido por termo dilución en pacientes con choque séptico.¹³ Un análisis observacional retrospectivo de más de 70,000 pacientes de diferentes UCI's de Estados Unidos, intentó establecer la asociación entre valores bajos de presión arterial sistólica, diastólica, media y PP con mortalidad en pacientes críticos. Encontró que la asociación más débil de la mortalidad fue con la PP.¹⁴ La principal utilidad clínica de la PP es la variabilidad de esta para predecir respuesta a líquidos en pacientes con ventilación

mecánica invasiva (VMI), debido a las interacciones cardiopulmonares que se generan en estas circunstancias.¹⁵ La respuesta a líquidos se define como el incremento en el VS posterior a la administración de un bolo de líquido.¹⁶ El fundamento teórico que subyace a esta definición es que, al encontrarse un paciente en la porción ascendente de la curva de Frank-Starling, la presión positiva generada por la VMI inducirá cambios en la precarga de ambos ventrículos durante el ciclo respiratorio. Durante la inspiración, la precarga del ventrículo derecho disminuye debido a la reducción del retorno venoso condicionado por el aumento de la presión venosa central, esto hace que disminuya el VS y esta reducción se transmite al ventrículo izquierdo después de 2 a 4 latidos cardiacos.¹⁵ Debido a la relación directamente proporcional entre el VS y la PP mencionada anteriormente, se asume que en un paciente en la porción ascendente de la curva de Frank-Starling, la PP será variable durante el ciclo respiratorio con presión positiva.¹⁷ Un metaanálisis de 29 estudios encontró que una variabilidad de la PP de 12% o mayor, permitía predecir respuesta a líquidos, con un área bajo la curva ROC de 0.94.¹⁸ Nosotros pensamos que, si se demuestra una correlación positiva entre la PP y el IVS, podría considerarse que la PP permite predecir el estado del IVS y utilizarse como un subrogado de este en el monitoreo hemodinámico de los pacientes gravemente enfermos tratados en escenarios de bajos recursos. A la fecha, no encontramos reportes que analicen la PP desde este punto de vista.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar si la medición de la PP puede utilizarse como un subrogado de la medición del IVS en pacientes con choque.

Objetivos específicos

Determinar el grado de concordancia entre la PP medida de manera invasiva y la medida de manera no invasiva.

Determinar el grado de concordancia entre el IVS medido por CFAP y el medido por ecocardiografía.

Evaluar la correlación entre los valores de PP y los valores de IVS medidos o estimados de manera invasiva y no invasiva.

En caso de encontrar una correlación positiva, identificar un punto de corte del valor de la PP que permita predecir un IVS normal.

JUSTIFICACIÓN

La evaluación hemodinámica de los pacientes con choque circulatorio requiere de herramientas que no están disponibles de manera global. La PP puede obtenerse de manera fácil y rápida en la evaluación inicial del paciente con choque y no requiere de herramientas sofisticadas para su medición. Se ha propuesto que la PP y el IVS están relacionados de manera directa desde el punto de vista fisiológico y que los cambios en uno de ellos pueden inducir cambios en el otro. Si se demuestra que la PP puede predecir el estado del IVS, podría ser de utilidad como un subrogado de la medición del IVS en la evaluación hemodinámica de los pacientes con choque que son tratados en escenarios de bajos recursos.

PACIENTES Y MÉTODOS

Diseño del estudio. Se realizó un estudio prospectivo, observacional y analítico en pacientes que ingresaron a la UCI del Instituto Nacional de Ciencia Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, entre octubre de 2022 y junio de 2023. Se incluyeron pacientes de ambos sexos, mayores de 18 años y que requirieran la colocación de línea arterial y CFAP. Se excluyeron pacientes con imposibilidad para realizar una evaluación ecocardiográfica adecuada o que tuvieran disfunción del CFAP.

Obtención de los datos. Una vez incluido un paciente al estudio, se recabaron las siguientes variables demográficas y clínicas: sexo, edad, peso, talla, superficie corporal (calculada mediante la fórmula de Dubois: $SC = \text{Peso}^{0.425} \times \text{Talla}^{0.725} \times 0.007184$),¹⁹ comorbilidades, motivo de ingreso a la UCI y gravedad de la enfermedad evaluada mediante las escalas APACHE II²⁰ y SOFA.²¹ Además, se obtuvieron los valores de las siguientes variables hemodinámicas, los cuales fueron medidos de manera simultánea: FC, presión arterial invasiva mediante un catéter colocado en la arteria radial o pedia, presión arterial no invasiva, PP (presión sistólica - presión diastólica), GC a través de un CFAP (el GC se midió por triplicado con la administración de un bolo de 10 cc de solución salina al 0.9% y se utilizó el promedio de las tres mediciones) y VS (GC/FC). El VS también se estimó mediante ecocardiografía utilizando la siguiente fórmula: $VS = \text{DTSVI}^2 \times 0.785 \times \text{ITV}$ del TSVI,²² en donde VS es el volumen sistólico, DTSVI es el diámetro del tracto de salida del ventrículo izquierdo e ITV es la integral tiempo velocidad. Estas mediciones fueron realizadas por un solo operador con experiencia de 3 años en ecocardiografía. Se calculó el volumen sistólico indizado (IVS) a la superficie corporal (SC) del paciente mediante la fórmula VS/SC. Las mediciones de presión arterial invasiva se realizaron utilizando un transductor de presión marca Smiths Medical modelo Logical. Se utilizó un CFAP marca Edwards Lifesciences calibre 7 French para las mediciones hemodinámicas y todas las mediciones se realizaron con un monitor marca Spacelabs modelo Ultraview SL2800. La evaluación ecocardiográfica se realizó con un equipo marca General Electric modelo Venue.

Análisis estadístico. Se utilizó la herramienta en línea “Calculadora de tamaño muestral GRANMO v7.12” (www.imim.es/ofertadeserveis/software-public/granmo/) para el cálculo del tamaño de la muestra

para estimar el coeficiente de correlación de Pearson, asumiendo valores de $r = 0.6$, $\alpha = 0.05$, $\beta = 0.2$ y un porcentaje de pérdidas del 10%, obteniendo un valor de 18 pacientes. Se utilizó estadística descriptiva para la presentación de los datos. Las variables numéricas con distribución normal se expresan como promedio \pm desviación estándar y aquellas con distribución simple como mediana con rango intercuartilar. La normalidad de los datos se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Las variables categóricas se expresan como frecuencias simples y porcentajes. Para estimar la concordancia entre los valores de la PP medidos de manera invasiva (PPinv) y no invasiva (PPninv) y los valores del IVS medidos por CFAP (IVScfap) y por ecocardiografía (IVSeco), se utilizó el análisis de Bland-Altman. Se evaluó el grado de correlación entre los valores de estas variables y entre los valores de la PP y del IVS mediante el coeficiente de correlación de Pearson. En todos los casos, un valor de $p < 0.05$ se consideró estadísticamente significativo. Para el análisis estadístico se utilizó el programa JASP v0.17.3.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

El presente estudio se apega a las consideraciones formuladas por la World Medical Association en la Declaración de Helsinki acerca de los principios éticos para la investigación médica que involucra sujetos humanos (y su modificación de Fortaleza, Brasil, 2013).²³ Además, se apega a las consideraciones formuladas en la Investigación para la Salud de la Ley General de Salud de los Estados Unidos Mexicanos.²⁴ Debido a la naturaleza observacional del estudio, no se consideró necesario el consentimiento informado por escrito para participar en el mismo.

RESULTADOS

Veinticinco pacientes fueron incluidos en el estudio. Cuatro se excluyeron (3 por no tener ventana ecocardiográfica adecuada y 1 por disfunción del CFAP), por lo que se analizan 21 pacientes. La Tabla 1 muestra las características demográficas y clínicas de los pacientes estudiados. Hubo un ligero predominio del sexo femenino (52.4%), la edad promedio fue de 55.2 años, las comorbilidades más frecuentes fueron hipertensión arterial sistémica y cirrosis hepática (ambas con 42.9%), la mediana de la calificación en la escala APACHE II fue de 12 y el promedio de la calificación en la escala SOFA fue de 10.1. Las causas más frecuentes de ingreso a la UCI se muestran en la Tabla 2. Destacan el choque cardiogénico y el posoperatorio de trasplante hepático (ambas con 28.6%), seguidas del choque séptico (23.8%).

Tabla 1. Características clínicas y demográficas de la población estudiada

N	21
Sexo femenino, n (%)	11 (52.4)
Edad, años	55.2 ± 16.2
SC, kg/m ²	1.8 ± 0.3
Comorbilidades, n (%)	
Hipertensión arterial sistémica	9 (42.9)
Cirrosis hepática	9 (42.9)
Diabetes mellitus	3 (14.3)
Hipotiroidismo	3 (14.3)
Calificación APACHE II *	12 (9.5 - 24)
Calificación SOFA	10.1 ± 3.1

SC = superficie corporal, APACHE = acute physiologic and chronic health evaluation, SOFA = sequential organ failure assessment

* Mediana con rango intercuartilar

Tabla 2. Causas de ingreso a la UCI en la población estudiada, n (%)

Choque cardiogénico	6 (28.6)
Trasplante hepático	6 (28.6)
Choque séptico	5 (23.8)
Neumonía grave	2 (9.5)
Insuficiencia cardiaca	1 (4.8)
Reemplazo valvular aórtico	1 (4.8)

UCI = unidad de cuidados intensivos

En la Tabla 3 se comparan los valores de las presiones arteriales medidas de manera invasiva y no invasiva. El promedio de las presiones sistólica, diastólica y media fue significativamente mayor cuando se midieron de manera invasiva en comparación con el promedio de las mediciones no invasivas. Sin embargo, los valores de la PP fueron mayores cuando se midieron de manera no invasiva, aunque la diferencia no alcanzó significancia estadística (mediana de 48 vs 43 mmHg, no invasiva e invasiva, respectivamente, $p = 0.917$). Por otro lado, la mediana del VS fue mayor cuando se midió por ecocardiografía en comparación con el medido por CFAP, sin embargo, la diferencia tampoco fue estadísticamente significativa (61.6 vs 52, ecocardiografía y CFAP, respectivamente, $p = 0.085$). Algo similar se observa al comparar el promedio del IVS, el cual fue de 36.8 ± 13.3 cuando se midió por ecocardiografía, contra 33.1 ± 14.3 en la medición con CFAP, con $p = 0.08$ (Tabla 4). La correlación entre los valores de la PP medidos de manera invasiva y no invasiva se muestra en la Gráfica 1. El valor de la r fue de 0.604 con $p = 0.004$. Sin embargo, la concordancia entre estos valores no fue adecuada. La Gráfica 2 muestra el análisis de Bland-Altman entre ellos y se observa una dispersión de hasta 30 mmHg, con valores dispersos tanto en valores bajos como altos. Los valores del IVS medidos por ecocardiografía y por CFAP también mostraron una correlación positiva, con $r = 0.780$ y $p = 0.001$ (Gráfica 1), pero la concordancia tampoco fue adecuada, con valores dispersos hasta en 20 ml/m² (Gráfica 3).

Tabla 3. Comparación de los valores de presión arterial medidos de manera invasiva y no invasiva

	Invasiva	No invasiva	p
Tensión arterial sistólica, mmHg	107.1 ± 16.4	99.8 ± 15.6	0.02
Tensión arterial diastólica, mmHg	64.5 ± 9.4	56.9 ± 6.5	0.004
Tensión arterial media, mmHg	78.8 ± 9.5	71.1 ± 6.3	0.002
Presión de pulso, mmHg *	43 (27.5 - 56)	48 (25 - 56)	0.917

* Mediana con rango intercuartilar

Tabla 4. Comparación de los valores de VS e IVS medidos por CFAP y por ecocardiografía

	CFAP	ECO	p
VS, ml *	52 (37.5 - 76)	61.6 (41.7 - 93.7)	0.085
IVS, ml/m ²	33.1 ± 14.3	36.8 ± 13.3	0.08

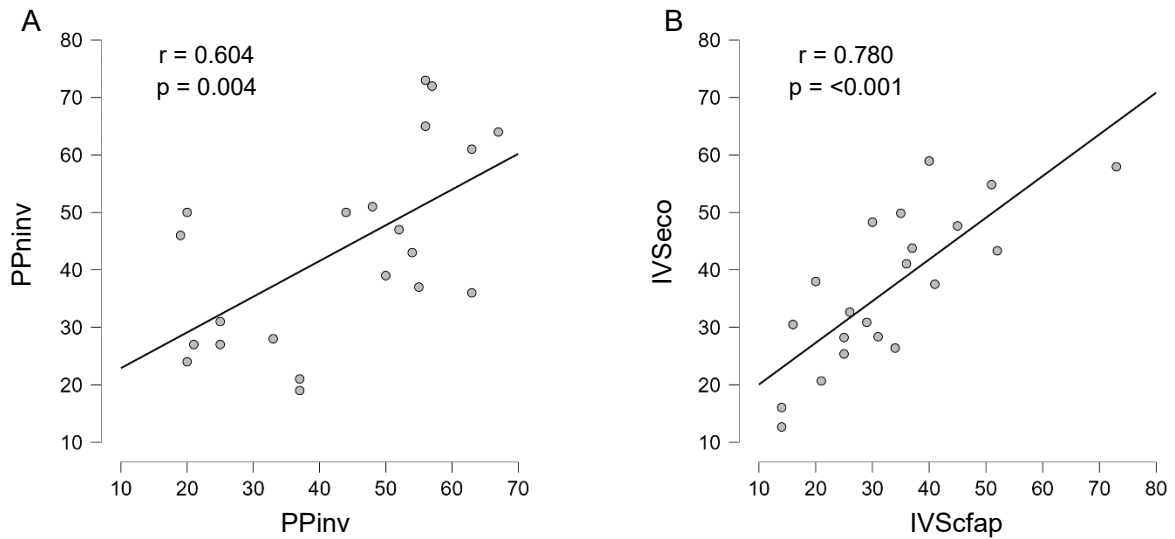
VS = volumen sistólico, IVS = índice de volumen sistólico, CFAP = catéter de flotación en la arteria pulmonar, ECO = ecocardiografía

* Mediana con rango intercuartilar

El panel A de la Gráfica 4 muestra la correlación entre los valores de la PP medidos de manera invasiva y los valores del IVS medidos por CFAP. El valor de la r fue de 0.212, lo que refleja una correlación positiva débil, con valor de p que no alcanza significancia estadística ($p = 0.356$). En el gráfico puede observarse una mayor dispersión de los valores en los rangos altos de la PP y del IVS. El panel B de la misma gráfica muestra la correlación entre los valores de la PP medidos de manera invasiva y los valores del IVS medidos por ecocardiografía. También se observa una correlación positiva débil, con $r = 0.117$ y valor de $p = 0.614$ que no es estadísticamente significativo.

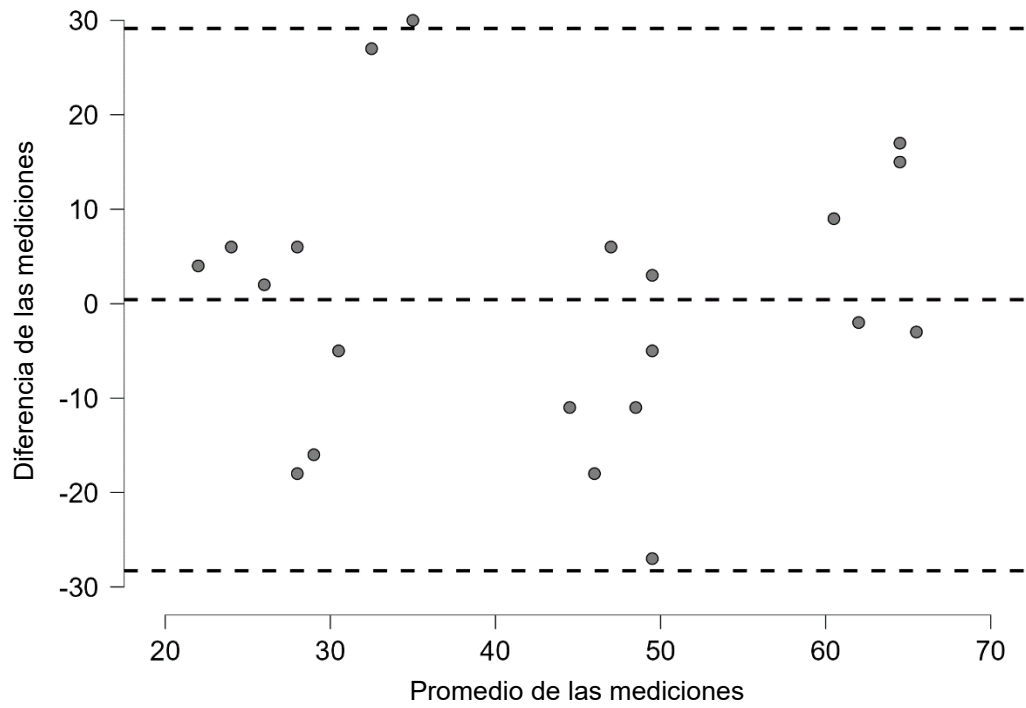
El análisis de correlación entre los valores de la PP medidos de manera no invasiva y los valores del IVS medidos por CFAP se muestra en el panel A de la Gráfica 5. El valor de la r es de 0.354, lo que refleja una correlación positiva débil, sin alcanzar significancia estadística ($p = 0.116$). Finalmente, el panel B de la misma gráfica muestra la correlación entre los valores de la PP medidos de manera no invasiva y los valores del IVS medidos por ecocardiografía. También encontramos una correlación positiva débil ($r = 0.428$), con valor de p limítrofe, pero sin significancia estadística ($p = 0.053$).

Debido a que en ningún caso se identificó una adecuada correlación entre los valores de la PP y los valores del IVS, no se analizó la capacidad discriminativa de la PP para identificar un valor normal del IVS.

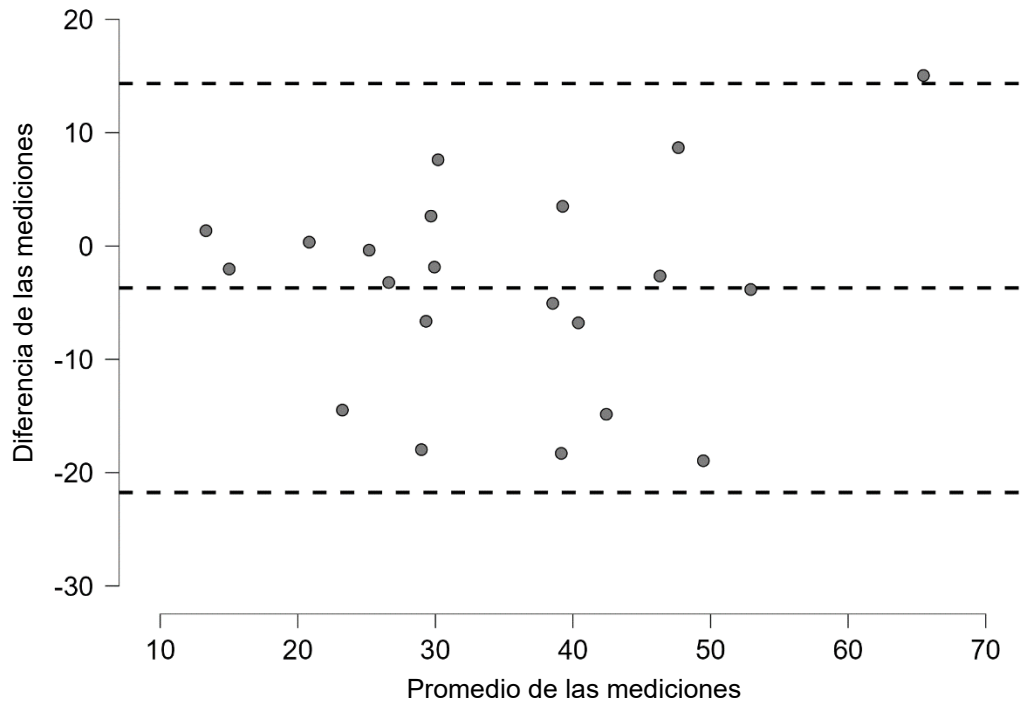


Gráfica 1. Análisis de correlación. A, entre los valores de la presión de pulso medidos de manera invasiva y los medidos de manera no invasiva. B, entre los valores del índice de volumen sistólico medidos por catéter de flotación en la arteria pulmonar y los medidos por ecocardiografía

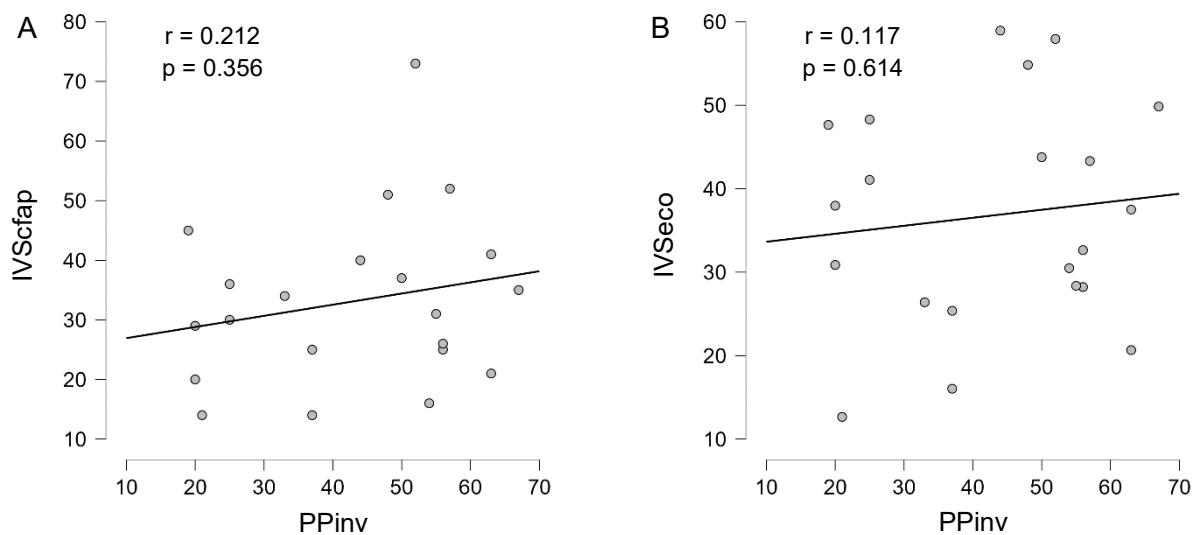
PPninv = presión de pulso medida de manera no invasiva, PPinv = presión de pulso medida de manera invasiva, IVScfap = índice de volumen sistólico medido por catéter de flotación en la arteria pulmonar, IVSeco = índice de volumen sistólico medido por ecocardiografía



Gráfica 2. Análisis de Bland-Altman de los valores de la presión de pulso medidos de manera invasiva y no invasiva

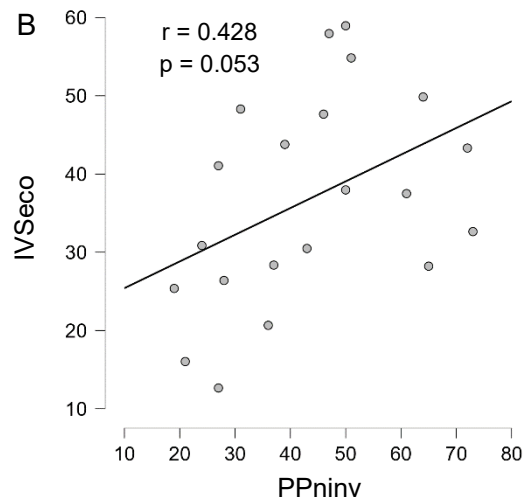
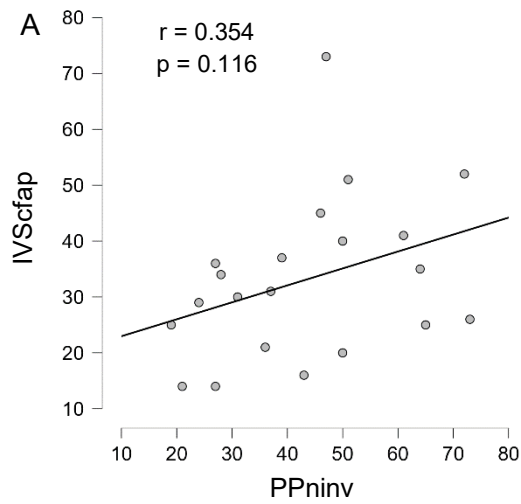


Gráfica 3. Análisis de Bland-Altman de los valores del índice de volumen sistólico medidos por catéter de flotación en la arteria pulmonar y por ecocardiografía



Gráfica 4. Análisis de correlación. A, entre los valores de la presión de pulso medidos de manera invasiva y los valores del índice de volumen sistólico medidos por catéter de flotación en la arteria pulmonar. B, entre los valores de la presión de pulso medidos de manera invasiva y los valores del índice de volumen sistólico medidos por ecocardiografía

PPinv = presión de pulso medida de manera invasiva, IVScfap = índice de volumen sistólico medido por catéter de flotación en la arteria pulmonar



Gráfica 5. Análisis de correlación. A, entre los valores de la presión de pulso medidos de manera no invasiva y los valores del índice de volumen sistólico medidos por catéter de flotación en la arteria pulmonar. B, entre los valores de la presión de pulso medidos de manera no invasiva y los valores del índice de volumen sistólico medidos por ecocardiografía

PPninv = presión de pulso medida de manera no invasiva, IVSeco = índice de volumen sistólico medido ecocardiografía

DISCUSIÓN

En este estudio, la PP no resultó ser un subrogado confiable para estimar la normalidad del IVS, fuera este medido por termo dilución o calculado por ecografía, por lo que su uso con este fin no parece ser apropiado ni sustituye al monitoreo hemodinámico, ya sea invasivo o no invasivo. Pudimos observar que la correlación entre los valores del IVS medidos por ecografía y los medidos con el CFP, el cual es considerado el estándar de oro, es adecuada, por lo que el primero puede ser utilizado como un método de monitoreo hemodinámico capaz de otorgar un adecuado seguimiento de las tendencias hemodinámicas en el paciente con choque, siempre y cuando el operador cuente con un adecuado entrenamiento para su uso. Por otro lado, aunque encontramos buena correlación, la concordancia analizada mediante el método de Bland-Altman sugieren una concordancia subóptima entre los valores de la PP medidos de manera invasiva y los medidos de manera no invasiva, por lo que habrá que ser juiciosos al tratar de traslapar valores absolutos de mediciones no invasivas como equivalentes a los obtenidos por mediciones invasivas.

Este hallazgo puede resultar significativo para la práctica clínica debido a que comúnmente se asume que una PP amplia traduce un VS elevado, así como que una PP estrecha traduce un VS bajo. Al no encontrarse una correlación adecuada entre estos valores, no deberían usarse como un subrogado para la caracterización del tipo de choque ni para establecer la normalidad del IVS.

Existe poca literatura previa que explore la relación entre el volumen sistólico y la presión de pulso. Previamente se exploró la relación entre el volumen sistólico estimado por bioimpedancia eléctrica torácica y la presión de pulso medida por esfigmomanómetro de brazo y en el dedo. Se hicieron mediciones seriadas de estas variables en pacientes sometidos a presión negativa progresiva en el hemicuerpo inferior, con el objetivo de imitar la hipovolemia central encontrada en hemorragias no controladas; se encontró una correlación positiva fuerte entre el volumen sistólico y la presión de pulso ($r^2 = 0.91$).²⁵ Otro ensayo evaluó el área bajo la curva ROC (*Receiver operator curve*) para predecir hipovolemia de múltiples variables hemodinámicas en pacientes sometidos también a presión negativa del hemicuerpo inferior, entre ellas la presión de pulso, la cual si bien también disminuía conforme se

inducía hipovolemia con la presión negativa, tendía a infraestimar el grado de reducción comparado con otros marcadores hemodinámicos.²⁶ En otro estudio se evaluó la capacidad de la presión de pulso para predecir cambios en el gasto cardiaco de pacientes hemodinámicamente inestables, el cual se evaluó con termodilución pulmonar, en donde se encontró una correlación positiva moderada entre estas variables ($r= 0.56$, $p= < 0.0001$).²⁷

Contrario a los resultados de los estudios previamente mencionados, en nuestro estudio no encontramos una asociación estadísticamente significativa entre el volumen sistólico indexado y la presión de pulso, lo cual añade a la escasa literatura existente en el tema y motiva a seguir evaluando si verdaderamente existe una relación entre estas variables, y de existir, si esta tiene alguna utilidad clínica o no.

Este estudio tiene debilidades, ya que se llevó a cabo en un número relativamente pequeño de pacientes, a los cuales se les realizó solamente una medición hemodinámica, y no fueron seguidos en el tiempo para evaluar el comportamiento de estas variables hemodinámicas. Por otro lado, las causas de ingreso a la UCI y de inestabilidad hemodinámica fueron muy variadas, con pocos pacientes en cada categoría, lo cual podría limitar la descripción de correlaciones que podrían ser halladas en análisis de subgrupos en caso de que la muestra de pacientes fuese más grande.

Entre las fortalezas del estudio está el hecho de que se realizaron mediciones invasivas y no invasivas por personal con amplia experiencia en la medición de estas variables hemodinámicas, ya sea por ecografía o por termo dilución, el cual es un recurso cada vez menos disponible y utilizado en las UCIs modernas, aunado a que la posibilidad de tener monitoreo de la tensión arterial de manera invasiva permite establecer correlaciones utilizando valores poco dependientes de la experiencia del operador.

CONCLUSIONES

- La concordancia entre los valores de la PP medidos de manera invasiva y no invasiva no fue adecuada.
- La concordancia entre los valores del IVS medidos por CFAP y por ecocardiografía no fue adecuada.
- Los valores de la PP y los valores del IVS tienen una correlación positiva débil que no alcanza significancia estadística, independientemente de si se miden de manera invasiva o no invasiva.
- La PP no puede utilizarse como un subrogado del IVS en el monitoreo hemodinámico de los pacientes con choque.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sakr Y, Reinhart K et al. Does dopamine administration in shock influence outcome? Results of the Sepsis Occurrence in Acutely Ill Patients (SOAP) Study. *Crit Care Med*. 2006 Mar;34(3):589-97.
2. Vincent JL, De Backer D. Circulatory shock. *N Engl J Med*. 2013 Oct 31;369(18):1726-34.
3. Vincent JL. Understanding cardiac output. *Crit Care*. 2008;12(4):174.
4. Dart AM, Kingwell BA. Pulse pressure--a review of mechanisms and clinical relevance. *J Am Coll Cardiol*. 2001 Mar 15;37(4):975-84.
5. Simmons J, Ventetuolo CE. Cardiopulmonary monitoring of shock. *Curr Opin Crit Care*. 2017 Jun;23(3):223-231.
6. Gidwani H, Gómez H. The crashing patient: hemodynamic collapse. *Curr Opin Crit Care*. 2017 Dec;23(6):533-540.
7. Huygh J, Peeters Y, Bernards J, Malbrain ML. Hemodynamic monitoring in the critically ill: an overview of current cardiac output monitoring methods. *F1000Res*. 2016 Dec 16;5:F1000 Faculty Rev-2855.
8. Keller M, Magunia H, Rosenberger P, Koeppen M. Echocardiography as a Tool to Assess Cardiac Function in Critical Care-A Review. *Diagnostics (Basel)*. 2023 Feb 22;13(5):839.
9. Sivakorn C, Schultz MJ, Dondorp AM. How to monitor cardiovascular function in critical illness in resource-limited settings. *Curr Opin Crit Care*. 2021 Jun 1;27(3):274-281.
10. Matthew Ward, Jeremy A Langton, Blood pressure measurement, *Continuing Education in Anaesthesia Critical Care & Pain*, Volume 7, Issue 4, August 2007, Pages 122–126.
11. Tang KS, Medeiros ED, Shah AD. Wide pulse pressure: A clinical review. *J Clin Hypertens (Greenwich)*. 2020 Nov;22(11):1960-1967.
12. Herzog, Tyler & Bauer, Philippe & Gajic, Ognjen & Kashyap, Rahul. (2019). PULSE PRESSURE IN THE DIFFERENTIATION OF VARIOUS TYPES OF SHOCK. *Chest*. 156.
13. De la Puente-Diaz de Leon V, de Jesus Jaramillo-Rocha V, Teboul JL, Garcia-Miranda S, Martinez-Guerra BA, Dominguez-Cherit G. Changes in Radial Artery Pulse Pressure During a Fluid

Challenge Cannot Assess Fluid Responsiveness in Patients With Septic Shock. *J Intensive Care Med.* 2020 Feb;35(2):149-153.

14. Khanna AK, Kinoshita T, et al. Association of systolic, diastolic, mean, and pulse pressure with morbidity and mortality in septic ICU patients: a nationwide observational study. *Ann Intensive Care.* 2023 Feb 20;13(1):9.

15. Teboul JL, Monnet X, Chemla D, Michard F. Arterial Pulse Pressure Variation with Mechanical Ventilation. *Am J Respir Crit Care Med.* 2019 Jan 1;199(1):22-31.

16. Michard F, Teboul JL. Predicting fluid responsiveness in ICU patients: a critical analysis of the evidence. *Chest.* 2002 Jun;121(6):2000-8.

17. Chemla, D., Hébert, J., Coirault, C., Zamani, K., Suard, I., Colin, P., & Lecarpentier, Y. (1998). Total arterial compliance estimated by stroke volume-to-aortic pulse pressure ratio in humans. *The American journal of physiology*, 274 2, H500-5.

18. Marik PE, Cavallazzi R, Vasu T, Hirani A. Dynamic changes in arterial waveform derived variables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a systematic review of the literature. *Crit Care Med.* 2009 Sep;37(9):2642-7.

19. Dubois D, Dubois EF. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Arch Intern Med.* 1916; 17:863-871.

20. Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, Zimmerman JE. APACHE II: a severity of disease classification system. *Crit Care Med.* 1985 Oct;13(10):818-29.

21. Vincent JL, Moreno R, et al. The SOFA (Sepsis-related Organ Failure Assessment) score to describe organ dysfunction/failure. On behalf of the Working Group on Sepsis-Related Problems of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med.* 1996 Jul;22(7):707-10.

22. Blanco P. Rationale for using the velocity-time integral and the minute distance for assessing the stroke volume and cardiac output in point-of-care settings. *Ultrasound J.* 2020 Apr 21;12(1):21.

23. World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA.* 2013 Nov 27;310(20):2191-4.

24. REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE SALUD EN MATERIA DE INVESTIGACION PARA LA SALUD. Última reforma publicada DOF 02-04-2014. Tomado de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MIS.pdf
25. Convertino VA, Cooke WH, Holcomb JB. Arterial pulse pressure and its association with reduced stroke volume during progressive central hypovolemia. J Trauma. 2006 Sep;61(3):629-34.
26. Reisner AT, Xu D, Ryan KL, Convertino VA, Rickards CA, Mukkamala R. Monitoring non-invasive cardiac output and stroke volume during experimental human hypovolaemia and resuscitation. Br J Anaesth. 2011 Jan;106(1):23-30.
27. Monnet X, Letierce A, Hamzaoui O, Chemla D, Anguel N, Osman D, Richard C, Teboul JL. Arterial pressure allows monitoring the changes in cardiac output induced by volume expansion but not by norepinephrine. Crit Care Med. 2011 Jun;39(6):1394-9.