

Monitorización hemodinámica por ecocardiografía trans-torácica en pacientes en posoperatorio de cirugía cardiovascular

Postoperative transthoracic hemodynamic monitorization after cardiac surgery

Julio Durán-Pérez J.C. MD.¹, Víctor Pérez-Alvear V. MD.^{2,*}, Luis Calderón-Orozco L.E. MD.³

¹ Intensivista, Epidemiólogo, Unidad de Cuidados Intensivos, Instituto Cardiovascular del Cesar. Baranquilla, Colombia.

² Anestesiólogo Cardiovascular, Servicio de Cirugía Cardiovascular, Instituto Cardiovascular del Cesar. Baranquilla, Colombia.

³ Cirujano Cardiovascular, Servicio de Cirugía Cardiovascular, Instituto Cardiovascular del Cesar. Baranquilla, Colombia.

Fecha de recepción: 29 de diciembre de 2022 / Fecha de aceptación: 12 de abril de 2023

ABSTRACT

Objective: To describe hemodynamic variables measured by transthoracic echocardiography in patients undergoing different cardiovascular surgery procedures. **Materials and Methods:** Observational, descriptive, prospective, single center study. Hemodynamic measurement was performed with the use of transthoracic echocardiography. Contractility variables were calculated: Cardiac output and cardiac index, volume response variables: Variation of flow velocity through the left ventricular outflow tract (LVOT), and calculation of the Pulmonary Arterial Occlusion Pressure (POAP). We described the different hemodynamic patterns found and the frequency of therapeutic changes based on these findings. **Results:** A total of 27 patients were studied. In 25% of patients, the study could not be performed due to technical difficulties in obtaining a good ultrasound window. In 29.6% of patients, low cardiac output was found, in 59.25% normal cardiac output was found, and in 11.1% high cardiac output was found. 59.25% of the patients were found not to respond to volume by analyzing the percentage of variation of flow through the LVOT. In 14,81%, a calculated POAP greater than 18 was found. In 74,1% of the patients, some behavioral change was made based on the hemodynamic findings. **Conclusions:** This study highlights the importance of alternative, non-invasive techniques in the hemodynamic evaluation of patients in the Intensive Care setting. With this technique it is possible to perform an evaluation of the main hemodynamic variables, establish a reliable diagnosis and determine a therapeutic plan.

Key words: Transthoracic echocardiography, hemodynamic monitoring.

RESUMEN

Objetivo: Describir las variables hemodinámicas medidas por ecocardiografía transtorácica en pacientes sometidos a diferentes procedimientos de cirugía cardiovascular. **Materiales y Métodos:** Estudio observacional descriptivo, prospectivo, único centro. Se realizó medición hemodinámica con uso de ecocardiografía transtorácica. Se calcularon variables de contractilidad: Gasto Cardíaco e Índice Cardíaco, variables de respuesta a volumen: Variación de velocidad de flujo a través del tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI), y cálculo de la Presión de Oclusión Arterial Pulmonar (POAP). Se describieron los diferentes patrones hemodinámicos encontrados y la frecuencia de cambios de terapéutica basados en estos hallazgos. **Resultados:** Se estudiaron un total de 27 pacientes. En un 25% de los pacientes no se pudo realizar el estudio por dificultades técnicas en obtener una buena ventana ultrasonográfica. En el 29,6% de los pacientes se encontró bajo gasto cardíaco, en el 59,25% se encontró gasto cardíaco normal y en el 11,1% se demostró gasto cardíaco elevado. El 59,25% de los pacientes se encontró que no era respondedor a volumen mediante el análisis del porcentaje de variación de flujo a través del TSVI. En el 14,81% se encontró una POAP calculada mayor de 18. En el 74,1% de los pacientes se realizó algún cambio de conducta a partir de los hallazgos hemodinámicos encontrados. **Conclusiones:** Este estudio pone de manifiesto la importancia de técnicas alternativas, no invasivas en la evaluación hemodinámica de pacientes en el escenario de los Cuidados Intensivos. Con esta técnica es posible realizar una evaluación de las principales variables hemodinámicas, establecer una diagnóstico confiable y determinar un plan terapéutico.

Palabras clave: Ecocardiografía transtorácica, monitorización hemodinámica.

vi263@hotmail.com

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2986-4350>

Introducción

En el manejo posoperatorio inmediato del paciente sometido a cirugía cardiovascular la monitorización de las variables hemodinámicas, respiratorias, cardíacas, renales, metabólicas entre otras, constituyen parte fundamental de este manejo, que tiene por fin último la identificación inmediata y manejo de cualquier complicación. La monitorización hemodinámica del paciente incluye: aspectos clínicos, monitorización invasiva de la presión arterial, monitorización de la presión venosa central (PVC) y en algunos pacientes, especialmente aquellos con hipertensión pulmonar previa o fracción de eyección del ventrículo izquierdo menor de 40%, se aconseja la monitorización hemodinámica mediante el uso de catéter de arteria pulmonar.

La cateterización de la arteria pulmonar con un balón en la punta del catéter fue descrita en 1953 por Lategalo y Rahn, pero transcurrieron 17 años antes del primer reporte de su uso clínico por Swan y Ganz[4]. Ha tenido controversias su utilización en los últimos años a raíz de algunos estudios que han sugerido que la utilización de este dispositivo se asocia a una mayor mortalidad.

Teniendo en cuenta el carácter invasivo y las posibles complicaciones con el uso del catéter de arteria pulmonar, se plantea la necesidad de realizar estas mediciones hemodinámicas con técnicas menos invasivas, a la cabecera del enfermo y de bajo costo.

El papel de la ecocardiografía como herramienta útil en la evaluación y monitorización de la función cardiovascular en pacientes críticos está en la actualidad claramente establecida con una indicación con alto nivel de evidencia. Artículos recientes[6],[7] muestran la utilidad de diferentes métodos ecocardiográficos para obtener medidas hemodinámicas, no solo susceptibles de ser utilizadas con fines diagnósticos, sino también para analizar la variabilidad y los cambios inducidos por el tratamiento aplicado.

Con uso de ecocardiografía es posible realizar mediciones hemodinámicas de Gasto Cardíaco, calcular Índice Cardíaco, realizar mediciones de tolerancia a volumen mediante el cálculo del porcentaje de variación de la variabilidad de la velocidad de flujo a través del TSVI y estimar la Presión de Oclusión Arterial Pulmonar (POAP) utilizando la relación E/E' y el cálculo de la presiones de llenado de diastólico del ventrículo izquierdo de acuerdo con la ecuación: $POAP = PCWP = 1,24 [E/e'] + 1,9$ [20]

¿Con el presente trabajo se pretende describir las variables hemodinámicas medidas por ecocardiografía transtorácica en pacientes sometidos a diferentes procedimientos de cirugía cardiovascular, en el Instituto Cardiovascular del Cesar en el periodo de agosto de 2016 a febrero de 2017?

Material y Métodos

Estudio observacional, descriptivo, prospectivo, único centro. Se incluyeron pacientes adultos sometidos a diversos procedimientos de cirugía cardiovascular, incluyendo cirugía de revascularización miocárdica y cirugías de reemplazo valvular en el Instituto Cardiovascular del Cesar entre agosto de 2016 a febrero de 2017. Se excluyeron pacientes sometidos a intervención por sangrado o requerimiento de transfusión.

Se realizó estudio ecocardiográfico trans - torácico a pacientes sometidos a Cirugía Cardiovascular en su estado de post-operatorio (POP) inmediato. Las mediciones fueron realizadas por médico intensivista, con entrenamiento certificado en ecocardiografía en pacientes críticos.

Se realizaron las siguientes medidas:

- En ventana apical cuatro cámaras, mediante Doppler pulsado, en el tracto de salida del ventrículo izquierdo, se realizó medición de la integral Velocidad/Tiempo (VTI). Para mayor exactitud se realizan tres medidas y se toma la medida final como el promedio de las tres. Se toma el valor del diámetro del tracto de salida del ventrículo izquierdo, además de la frecuencia cardíaca del paciente y se utiliza la siguiente fórmula: $GC (cm^3/min) = 0,785 \times D^2 (cm^2) \times IVT (cm/lat) \times FC (lat/min)$.
- En ventana apical de cuatro cámaras, mediante Doppler pulsado, en el tracto de salida del ventrículo izquierdo, se realizó medición de la integral Velocidad/Tiempo (VTI), realizando una aceleración de la imagen de esta vista se logra encontrar el espectro que representa la mayor y la menor velocidad. Aplicando al fórmula: $D_{max} - D_{min} / (D_{max} + D_{min}) / 2 \times 100$, se obtiene la Variación de la velocidad de flujo en el tracto de salida del ventrículo izquierdo. Medición por encima de 13% indican que el paciente es respondedor a volumen.
- En ventana apical de cuatro cámaras, mediante Doppler pulsado, ubicando el volumen de muestra a nivel de los bordes libres de los velos mitrales, se realiza la medición de los flujos diastólicos, ondas E y A. En la misma ventana ultrasonográfica, se ubica el cursor en el anillo lateral de la válvula mitral y mediante el modo Doppler tisular se realiza medición de la onda E'. Mediante la fórmula: $PCP = 1,24 [E/e'] + 1,9$, se calcula la presión capilar pulmonar.

Mediante los resultados de estas mediciones se ubicara el paciente en los diferentes parámetros hemodinámicos:

- Hemodinámica normal.
- Bajo gasto cardíaco (choque cardiogénico).
- Hipovolemia.
- Hipervolemia.
- Estado vasopléjico.
- Estado hiperdinámico.

Resultados

Se realizó análisis eco cardiográfico a un total de 27 pacientes. En la Tabla 1 se describen los datos demográficos de los pacientes. En 25% de los pacientes no se pudo realizar el estudio por dificultades técnicas en obtener una buena ventana ultrasonográfica. Con respecto a la Integral Velocidad/tiempo (IVT) medido en el Tracto de Salida del Ventrículo Izquierdo (TSVI), se encontró que en el 55,5% de los pacientes el valor fue de 18 o mayor y en el 44,4% estuvo por debajo de 18 (Tabla 2).

En el análisis del Gasto Cardíaco, el 22,2% estaban por debajo de 4,0 lit/min, indicando bajo gasto cardíaco, 66,6% estuvieron entre 4,0 y 6,0 lit/min, indicando gasto cardíaco en rango normal. 11,1% tuvieron gasto cardíaco mayor de 6,0, indicando gasto cardíaco hiperdinámico (Tabla 2).

Tabla 1. Datos demográficos de los pacientes incluidos en el estudio

	Variable	n	%
Sexo	Femenino	17	47,2%
	Masculino	19	52,8%
Edad (años)	18 - 44	3	8,3%
	45 - 65	19	52,8%
	> 65 años	14	38,9%
Uso de CEC	Si	18	50,0%
	No	18	50,0%
	Revascularización miocárdica	19	52,8%
	Combinada: Revascularización miocárdica + valvular	6	16,7%
	Reemplazo de múltiples válvulas	6	16,7%
Tipo de cirugía	Resección de mixoma	1	2,8%
	Reemplazo aórtico	1	2,8%
	Cirugía de aorta ascendente	1	2,8%
	Corrección CIA	1	2,8%
	Ligadura de fistula arteriovenosa coronaria	1	2,8%

Tabla 2. Distribución de valores hemodinámicos evaluados en el estudio

Variable hemodinámica medida	Rango de medida	n	%
Integral Velocidad / Tiempo (IVT)	Valor 18 o mayor cm	14	55,5%
	Menor de 18 cm	13	44,4%
Índice Cardíaco (IC)	Menor de 2,4 lit/min/M ²	8	29,6%
	Entre 2,4 y 4,2 lit/min/M ²	16	59,25%
	Mayor de 4,2 lit/min/M ²	3	11,1%
Variación de la Velocidad de Flujo en TSVI	Menor de 12%	16	59,25%
	12% o mayor	11	40,72%
Cálculo de POAP	18 o mayor	4	14,81%
	Menor de 18	23	85,18%

Fuente: Historias clínicas de pacientes admitidos a UCI del Instituto Cardiovascular del Cesar (ICVC).

En la distribución de Índice Cardíaco, el 29,6% de los pacientes tuvieron este valor por debajo de 2,4 lit/min/m², indicando bajo gasto cardíaco. 59,25% tuvieron mediciones entre 2,4 y 4,2 lit/min/m², indicando Índice Cardíaco en rango normal. 11,1% tuvieron Índice Cardíaco en rango hiperdinámico (Tabla 2).

Analizando las variables de capacidad de respuesta a volumen, encontramos que 59,25% de los pacientes tuvieron una variación de la velocidad de Flujo en Tracto de Salida de Ventrículo Izquierdo menor de 12%, indicando que eran pacientes no respondedores a volumen. En contraste el 40,74% de los pacientes tuvieron la misma medición mayor o igual a 12%, indicando que los mismos eran respondedores a administración de volumen (Tabla 2).

Con respecto al cálculo de las presiones de llenado ventricular como indicador de precarga, en el cálculo de la Presión de Oclusión de Arteria Pulmonar utilizando la relación entre la

onda E y E' del llenado diastólico del Ventrículo Izquierdo, se encontró una presión mayor o igual a 18 mmHg en el 14,81% de los pacientes indicando riesgo de edema pulmonar por sobrecarga de volumen.

Con los diferentes valores hemodinámicos calculados por ecocardiografía transtorácica se distribuyeron los pacientes a diferentes grupos hemodinámicos así: Patrón normal 37%, Bajo gasto 18,5%, Hipovolemia 14,8%, Patrón vasopléjico 14,8%, Hipervolemia 11,1%, Hiperdinámico 3,7% (Figura 1).

Con los cálculos hemodinámicos realizados por ecocardiografía transtorácica se realizó toma de decisión en el abordaje terapéutico de los pacientes durante su manejo en el 74,07% de las oportunidades, incluyendo administración de líquidos 18,5%, uso de vasopresores o inotrópicos en 14,8%, disminuir inotrópicos en 11,1%, uso de diuréticos en 11,1% y administración de medicamentos beta-bloqueadores en 3,7% de los pacientes (Figura 2).

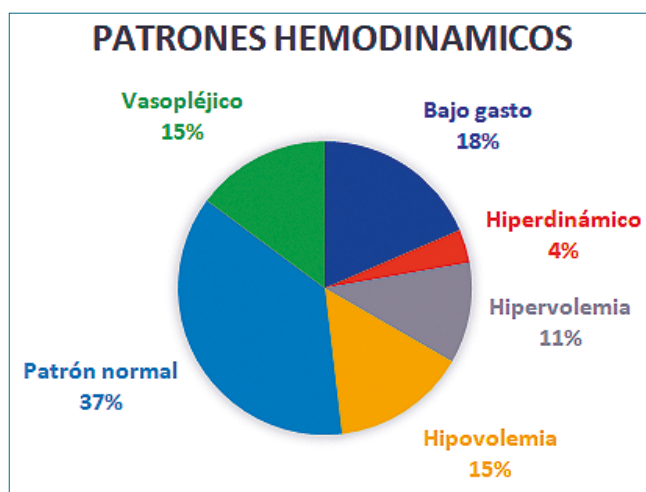


Figura 1. Patrones hemodinámicos. Fuente: Historias clínicas de pacientes admitidos a UCI del Instituto Cardiovascular del Cesar (ICVC).

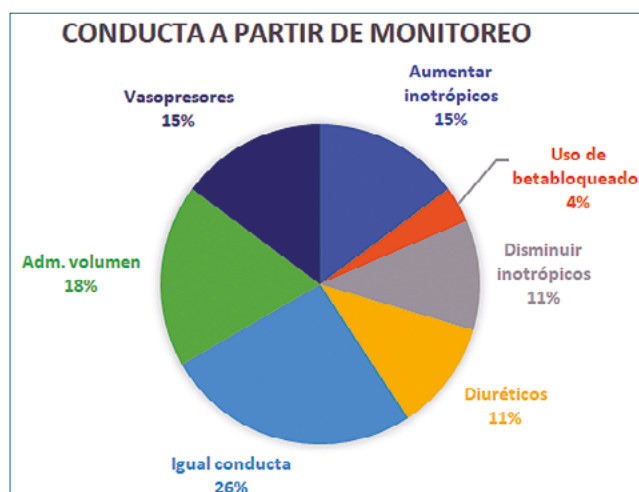


Figura 2. Conducta a partir de medición hemodinámica. Fuente: Historias clínicas de pacientes admitidos a UCI del Instituto Cardiovascular del Cesar (ICVC).

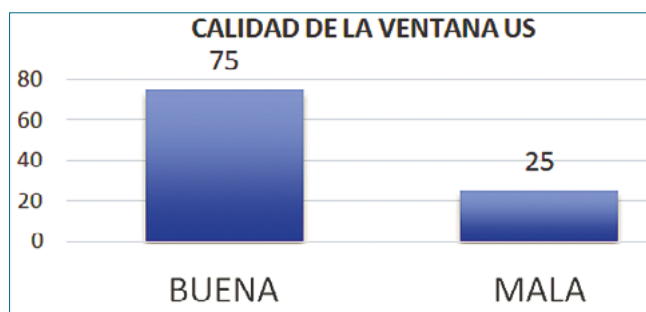


Figura 3. Calidad de la ventana ultrasonográfica. Fuente: Historias clínicas de pacientes admitidos a UCI del Instituto Cardiovascular del Cesar (ICVC).

Discusión

Como tendencia general, la monitorización y el manejo de los pacientes en Unidades de Cuidado Intensivo se realizan de forma cada vez menos invasiva. La utilización de métodos como el Catéter de Swan Ganz para la medición de parámetros de precarga, gasto cardíaco y variables respiratorias, tiende a disminuir, dando paso cada vez más a métodos mínimamente invasivos como es el caso del monitoreo hemodinámico basado en el análisis del contorno de la onda de pulso y a métodos como la ecocardiografía transtorácica la cual es completamente no invasiva, es reproducible y se puede hacer completamente a la cabecera del enfermo en forma portátil.

La ecocardiografía trans-torácica es el método más fácil, portátil, reproducible y que puede estar disponible en muchos escenarios de pacientes en urgencias o en pacientes críticos. Sin embargo, un grupo de pacientes en UCI no tienen una adecuada ventana ultrasonográfica producto de interposición de estructuras especialmente el aire pulmonar en pacientes intubados, con enfermedad pulmonar obstructiva crónica y especialmente en pacientes en los cuales no se puede colocar en una posición adecuada para el examen. En pacientes críticos

se ha reportado que el 30% y 40% no tienen una adecuada ventana ultrasonográfica[8]. Esta información contrasta con lo encontrado en nuestro estudio donde el 25% de los pacientes no tuvo una adecuada ventana de estudio (Figura 3).

La ecocardiografía trans-esofágica permite una evolución más fiable de las estructuras cardíacas teniendo en cuenta que no tiene interposición de estructuras anatómicas importantes y es más sensible para la valoración de patologías como disección de aorta, evaluación de válvulas protésicas (mitrales), vegetaciones valvulares, shunt intracardiacos entre otros. La limitación de esta técnica es el carácter semi-invasivo y las potenciales complicaciones y que el entrenamiento para su uso es más dispendioso y fuera de las habilidades básicas del especialista de UCI.

Varios estudios han demostrado la capacidad de la evaluación ecocardiográfica por doppler para medir el gasto cardíaco, usando las mediciones a nivel del tracto de salida del ventrículo izquierdo, medición que se considera fácil de usar y reproducible[9]. En nuestro estudio, utilizando esta técnica, fue posible realizar una adecuada determinación del gasto cardíaco en los pacientes evaluados, realizando el cálculo del Índice cardíaco y de esta forma se logró realizar una evolución hemodinámica fácil y confiable. Se ha demostrado la veracidad de la evaluación del gasto cardíaco por técnica eco cardiográfica, comparándola con el gold estándar el cual es la determinación del gasto cardíaco por termodilución, como fue en el estudio realizado por Micha[10] donde se comparó la medición ecocardiográfica transesofágica y la medición por termodilución encontrándose resultados comparables.

La evaluación de la precarga del paciente en UCI mediante ecocardiografía se puede realizar por diferentes técnicas incluyendo la medición del diámetro de la vena cava inferior y su colapso inspiratorio, medición del área de ventrículo izquierdo en sístole y en diástole, entre otras. La magnitud de la variación respiratoria en la velocidad aórtica (evaluado por ecocardiografía por doppler pulsado a nivel del tracto de salida del ventrículo izquierdo), es una variable dinámica, superior a

las variables estáticas (Vena cava inferior o Área ventricular al final de la diástole) para predecir la respuesta a volumen en pacientes críticos[11].

Esta información permite diferenciar a los pacientes respondedores a volumen de los no respondedores, indicando de esta forma los pacientes que se benefician de la administración de líquidos y evitando la administración de los mismos a pacientes que pudiesen desarrollar edema pulmonar al usar esta terapia.

La mayoría de los estudios realizados previamente de ecocardiografía en pacientes en POP de cirugía cardiovascular se ha desarrollado con ecocardiografía trans-esofágica dadas las limitaciones en cuanto a la obtención de imágenes en la modalidad transtorácica. Nuestro estudio hace énfasis en la posibilidad de realizar dicha evaluación con el método menos invasivo. Los hallazgos encontrados más frecuentemente por ecocardiografía en pacientes en POP de cirugía cardiovascular incluyen: falla ventricular, taponamiento cardíaco, hipovolemia y disfunción valvular.

En un estudio realizado por Schmidlin y cols[12], se estudiaron 136 pacientes luego de cirugía cardíaca y se logró establecer un diagnóstico nuevo en 45% de los pacientes. Estableciendo un efecto terapéutico en 73% de los casos. Información muy parecida en nuestro estudio donde se realizó una toma de decisión con respecto al abordaje terapéutico en el 74% de los casos con el uso de la información hemodinámica aportada por la ecocardiografía.

Las principales limitaciones de nuestro estudio fueron basadas en las mismas limitaciones propias del estudio ecocardiográfico transtorácico en el paciente crítico como son la dificultad para obtener una adecuada ventana ultrasonográfica en el 25% de los pacientes, limitando ampliamente su uso en una amplia población de pacientes. Otra limitante es que en el paciente en POP de cirugía cardíaca no es posible la evaluación de la mayoría de las ventanas ecocardiográficas, especialmente la visión sub-costal y la visión paraesternal, dejando solo la visión apical cuatro cámaras y cinco cámaras para todas mediciones en estos pacientes. De todas maneras en esta visión es posible realizar gran parte de las evaluaciones hemodinámicas descritas en el estudio.

Además todos los estudios ecográficos tienen el inconveniente que las evaluaciones y medidas son en muchas ocasiones operador dependiente, requiriendo un entrenamiento constante, a lo cual no tiene acceso la mayoría de los especialistas en Cuidados Intensivos.

Conclusiones

Este estudio pone de manifiesto la importancia de técnicas alternativas, no invasivas en la evaluación hemodinámica de pacientes en el escenario de los Cuidados Intensivos. A pesar de las limitaciones propias del estudio de ecocardiografía transtorácica, quisimos desarrollar este estudio en pacientes en POP de cirugía cardíaca con el fin de ofrecer una alternativa no invasiva, barata y reproducible a la cabecera del enfermo para el estudio hemodinámico de estos pacientes.

Con esta técnica es posible realizar una evaluación de las principales variables hemodinámicas, establecer un diagnóstico confiable y determinar un plan terapéutico.

Referencias

1. Pérez Vela JL, Martín Benítez JC, Carrasco González M, de la Cal López MA, Hinojosa Pérez R, Sagredo Meneses V, et al.; Grupo de Trabajo de Cuidados Intensivos Cardiológicos y RCP de SEMICYUC, con el aval científico de la SEMICYUC. Guías de práctica clínica para el manejo del síndrome de bajo gasto cardíaco en el postoperatorio de cirugía cardíaca. *Med Intensiva (Madrid)*. 2012 May;36(4):e1–44. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2012.02.007> PMID:22445905
2. Williams G, Grounds M, Rhodes A. Pulmonary artery catheter. *Curr Opin Crit Care*. 2002 Jun;8(3):251–6. <https://doi.org/10.1097/00075198-200206000-00009> PMID:12386505
3. Wall MH, MacGregor DA, Kennedy DJ, James RL, Butterworth J, Mallak KF, et al. Pulmonary artery catheter placement for elective coronary artery bypass grafting: before or after anesthetic induction? *Anesth Analg*. 2002 Jun;94(6):1409–15. <https://doi.org/10.1213/00000539-200206000-00006> PMID:12031997
4. Swan HJ, Ganz W, Forrester J, Marcus H, Diamond G, Chonette D. Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. *N Engl J Med*. 1970 Aug;283(9):447–51. <https://doi.org/10.1056/NEJM197008272830902> PMID:5434111
5. Ferrada P, Murthi S, Anand RJ, Bochicchio GV, Scalea T. Transthoracic focused rapid echocardiographic examination: real-time evaluation of fluid status in critically ill trauma patients. *J Trauma*. 2011 Jan;70(1):56–62. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e318207e6ee> PMID:21217482
6. Beaulieu Y, Marik PE. Bedside ultrasonography in the ICU: part 1. *Chest*. 2005 Aug;128(2):881–95. <https://doi.org/10.1378/chest.128.2.881> PMID:16100182
7. Price S, Nicol E, Gibson DG, Evans TW. Echocardiography in the critically ill: current and potential roles. *Intensive Care Med*. 2006 Jan;32(1):48–59. <https://doi.org/10.1007/s00134-005-2834-7> PMID:16292626
8. Hwang JJ, Shyu KG, Chen JJ, Tseng YZ, Kuan P, Lien WP. Usefulness of transesophageal echocardiography in the treatment of critically ill patients. *Chest*. 1993 Sep;104(3):861–6. <https://doi.org/10.1378/chest.104.3.861> PMID:8365301
9. Dubin J, Wallerson DC, Cody RJ, Devereux RB. Comparative accuracy of Doppler echocardiographic methods for clinical stroke volume determination. *Am Heart J*. 1990 Jul;120(1):116–23. [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(90\)90168-W](https://doi.org/10.1016/0002-8703(90)90168-W) PMID:2360495
10. Feinberg MS, Hopkins WE, Davila-Roman VG, Barzilai B. Multiplane transesophageal echocardiographic doppler imaging accurately determines cardiac output measurements in critically ill patients. *Chest*. 1995 Mar;107(3):769–73. <https://doi.org/10.1378/chest.107.3.769> PMID:7874951
11. Gunn SR, Pinsky MR. Implications of arterial pressure variation in patients in the intensive care unit. *Curr Opin Crit Care*. 2001 Jun;7(3):212–7. <https://doi.org/10.1097/00075198-200106000-00012> PMID:11436530
12. Schmidlin D, Schuepbach R, Bernard E, Ecknauer E, Jenni R, Schmid ER. Indications and impact of postoperative transesophageal echocardiography in cardiac surgical patients. *Crit Care Med*. 2001 Nov;29(11):2143–8. <https://doi.org/10.1097/00003246-200111000-00016> PMID:11700411
13. Jacka MJ, Cohen MM, To T, Devitt JH, Byrick R. Pulmonary

- artery occlusion pressure estimation: how confident are anesthesiologists? *Crit Care Med.* 2002 Jun;30(6):1197–203. <https://doi.org/10.1097/00003246-200206000-00003> PMID:12072668
14. ACCF/AHA/ASA/ASNC/HFSA/HRS/SCAI/SCCM/SCCT/SCMR 201. Appropriate use criteria for echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011;24(3):229–67. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2010.12.008>.
 15. Ferrada P, Murthi S, Anand RJ, Bochicchio GV, Scalea T. Transthoracic focused rapid echocardiographic examination: real-time evaluation of fluid status in critically ill trauma patients. *J Trauma.* 2011 Jan;70(1):56–62. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e318207e6ee> PMID:21217482
 16. Beaulieu Y, Marik PE. Bedside ultrasonography in the ICU: part 1. *Chest.* 2005 Aug;128(2):881–95. <https://doi.org/10.1378/chest.128.2.881> PMID:16100182
 17. Price S, Nicol E, Gibson DG, Evans TW. Echocardiography in the critically ill: current and potential roles. *Intensive Care Med.* 2006 Jan;32(1):48–59. <https://doi.org/10.1007/s00134-005-2834-7> PMID:16292626
 18. Boyd KR, Walley KR, Walley. The role of echocardiography in hemodynamic monitoring. *Curr Opin Crit Care.* 2009;15(3):1–5. <https://doi.org/10.1097/MCC.0b013e32832b1fd0>.
 19. Ayuela Azcarate JM, Clau Terré F, Ochagavía A, Vicho Pereira R. Papel de la ecocardiografía en la monitorización hemodinámica de los pacientes críticos. *Med Intensiva (Madrid).* 2012 Apr;36(3):220–32. <https://doi.org/10.1016/j.medint.2011.11.025> PMID:22261614
 20. Nagueh SF, Middleton KJ, Kopelen HA, Zoghbi WA, Quiñones MA. Doppler tissue imaging: a noninvasive technique for evaluation of left ventricular relaxation and estimation of filling pressures. *J Am Coll Cardiol.* 1997 Nov;30(6):1527–33. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(97\)00344-6](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(97)00344-6) PMID:9362412
 21. Nagueh SF, Appleton CP, Gillebert TC, Marino PN, Oh JK, Smiseth OA, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2009 Feb;22(2):107–33. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2008.11.023> PMID:19187853
 22. Feissel M, Michard F, Faller JP, Teboul JL. The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy. *Intensive Care Med.* 2004 Sep;30(9):1834–7. <https://doi.org/10.1007/s00134-004-2233-5> PMID:15045170
 23. Salem R, Vallee F, Rusca M, Mebazaa A. Hemodynamic monitoring by echocardiography in the ICU: the role of the new echo techniques. *Curr Opin Crit Care.* 2008 Oct;14(5):561–8. <https://doi.org/10.1097/MCC.0b013e32830e6d81> PMID:18787450