



## ARTÍCULO ORIGINAL

# Variables hemodinámicas ecocardiográficas asociadas a mortalidad en pacientes con shock séptico en ventilación mecánica

Luis A Coaguila-Cusicanqui<sup>1,2,a</sup> | Yuriko Caveró-Reyes<sup>2,b</sup> | Vanessa Castillo-Atoche<sup>3,c</sup>

1. Universidad Señor de Sipán, Escuela de Medicina Humana, Chiclayo, Perú.
2. Hospital Regional Lambayeque, Chiclayo, Perú.
- a. Médico intensivista, máster en fisiología y doctor en investigación clínica y traslacional
- b. Médico intensivista
- c. Médico cardiólogo

**Correspondencia:**Luis A Coaguila-Cusicanqui  
Correo: luis\_angel1501@hotmail.com**Resumen**

**Objetivos:** En este estudio nos propusimos evaluar las variables hemodinámicas ecocardiográficas predictivas de mortalidad en pacientes con shock séptico en ventilación mecánica. **Material y Métodos:** Realizamos un estudio de cohorte prospectivo en los servicios de Emergencia y Áreas Críticas del Hospital Regional Lambayeque, 104 pacientes con shock séptico conectados a ventilación mecánica. La cohorte expuesta incluye a pacientes con disfunción sistólica y diastólica, mientras que la no expuesta fueron aquellos sin disfunción ventricular. **Resultados:** El análisis de regresión de Cox determinó que los predictores de mortalidad fueron la Fracción de Eyección del Ventrículo Izquierdo < 50 % Hazard Ratio 3,57 (intervalo de confianza 95 % 1,25 - 10) y el índice cardíaco < 2,5 Hazard Ratio 7,69 (intervalo de confianza 95 % 2,5 - 25). En la disfunción diastólica, la única variable predictora de mortalidad fue el cociente Onda E del flujo mitral y onda e' del Doppler tisular del anillo mitral (E/e') > 15 Hazard ratio 0,11 (intervalo de confianza 95 % 0,02 - 0,48). En el análisis de Kaplan Meier, los pacientes con Excursión Sistólica del Plano Anular Tricúspide < 17 tuvieron una supervivencia media de 3,8 días con Hazard ratio 0,14 (intervalo de confianza 95 % 0,07 - 0,28). **Conclusiones:** La monitorización ecocardiográfica de variables hemodinámicas predictivas de mortalidad de disfunción sistólica y diastólica del ventrículo izquierdo, así como de disfunción ventricular derecha podría ser una estrategia valiosa para mejorar el tratamiento de pacientes con shock séptico en ventilación mecánica.

**Palabras clave:** Indicadores hemodinámicos; Ecocardiografía; Shock séptico; ventilación mecánica. (Fuente: DeCS-BIREME)

## Echocardiographic Hemodynamic Variables Associated with Mortality in Patients with Septic Shock on Mechanical Ventilation

**Abstract**

**Objective:** In this study we aimed to evaluate echocardiographic hemodynamic variables predictive of mortality in patients with septic shock on mechanical ventilation. **Methods:** We conducted a prospective cohort study in the Emergency and Critical Areas Service of the Hospital Regional Lambayeque, 104 patients with septic shock connected to mechanical ventilation. **Results:** The exposed cohort included patients with systolic and diastolic dysfunction, while the unexposed cohort included those without ventricular dysfunction. Cox regression analysis determined that predictors of mortality were Left Ventricular Ejection Fraction <50% Hazard Ratio 3.57 (95% confidence interval 1.25-10) and cardiac index <2.5 Hazard Ratio 7.69 (95% confidence interval 2.5 - 25). In diastolic dysfunction, the only predictor variable for mortality was the mitral flow E wave to mitral annulus tissue Doppler e' wave ratio (E/e') > 15 Hazard ratio 0.11 (95% confidence interval 0.02-0.48). In Kaplan Meier analysis, patients with Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion < 17 had a median survival of 3.8 days with Hazard ratio 0.14 (95% confidence interval 0.07-0.28). **Conclusion:** Echocardiographic monitoring of hemodynamic variables predictive of mortality of left ventricular systolic and diastolic dysfunction as well as right ventricular dysfunction could be a valuable strategy to improve the management of patients with septic shock on mechanical ventilation.

**Key words:** Hemodynamic indicators; Echocardiography; Septic shock; Mechanical ventilation. (MeSH-NLM)

## INTRODUCCIÓN

La disfunción miocárdica en la sepsis es del 20 – 60 % y se asocia a alteración hemodinámica y deterioro de la función cardíaca a corto plazo<sup>(1)</sup>. La disfunción miocárdica asociada a la sepsis puede presentarse como disfunción sistólica ventricular izquierda (DSVI), disfunción diastólica ventricular izquierda (DDVI) y disfunción ventricular derecha, la cual se asocia a mayor mortalidad y estancia hospitalaria prolongada<sup>(2)</sup>. La ecocardiografía en pacientes críticos ha ayudado a estimar la función cardíaca en estos pacientes<sup>(3,4)</sup>.

Los pacientes con shock séptico y falla orgánica suelen presentar insuficiencia respiratoria, lo que los lleva a estar conectados a ventilación mecánica, requiriendo niveles de presión positiva en la vía aérea para mantener una ventilación adecuada<sup>(5,6)</sup>. Además, los cambios de presión pleural e intratorácica suelen afectar la función cardíaca, comprometiendo aún más el estado hemodinámico del paciente<sup>(7)</sup>.

Los efectos de la presión positiva en las vías respiratorias en la ventilación mecánica sobre el ventrículo derecho son: Reducción del retorno venoso, aumento de la presión pericárdica, aumento de la presión auricular derecha, aumento de la poscarga, aumento de la resistencia vascular pulmonar, compresión de los capilares perialveolares, reducción del gasto cardíaco<sup>(8)</sup>. Los efectos de la presión positiva en las vías respiratorias en la ventilación mecánica sobre el ventrículo izquierdo son: Reducción de la poscarga ventricular izquierda, reducción del volumen telediastólico ventricular izquierdo, interdependencia ventricular, reducción de la precarga y reducción de la presión transmural ventricular izquierda<sup>(9,10)</sup>.

La disminución de la precarga ventricular derecha puede compensar parcialmente la reducción de la poscarga ventricular izquierda; sin embargo, los cambios en la presión intratorácica pueden complicar el monitoreo de la función cardíaca en pacientes con shock séptico que están en ventilación mecánica, lo que puede llevar a una interpretación errónea de los parámetros hemodinámicos<sup>(11)</sup>.

En la evolución de la monitorización hemodinámica mínimamente invasiva, la ecocardiografía se ha convertido, en los últimos años, en el mejor método de monitorización hemodinámica a la cabecera del paciente<sup>(12,13)</sup>.

Actualmente, la ecocardiografía en el paciente crítico ha evolucionado debido a que las guías de práctica clínica no hacen referencia a las mejores variables hemodinámicas para medir la función ventricular izquierda y derecha que determina aumento de mortalidad en pacientes con choque séptico conectados a ventilación mecánica debido a múltiples problemas en sus mediciones ecocardiográficas a la cabecera del paciente como el acceso a la mejor

ventana ecocardiográfica para su medición, la rapidez de las mediciones, la practicidad con la que se realizan, la inestabilidad hemodinámica del paciente con choque séptico, los modos de ventilación mecánica y su efecto sobre la función ventricular, la presión positiva al final de la espiración (PEEP) respecto a la función ventricular, entre otros factores<sup>(13,14)</sup>.

Este estudio tiene como objetivo evaluar los predictores hemodinámicos de mortalidad relacionados con la disfunción sistólica y diastólica del ventrículo izquierdo, así como la disfunción ventricular derecha, utilizando ecocardiografía transtorácica en pacientes con shock séptico en ventilación mecánica.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Diseño del estudio y participantes

El presente estudio observacional fue una cohorte prospectiva de pacientes adultos con shock séptico en ventilación mecánica que fueron hospitalizados en el Servicio de Emergencias y Áreas Críticas del Hospital Regional Lambayeque, Perú, entre noviembre de 2019 y abril de 2022, con la aprobación del Comité Institucional de Ética en Investigación del Hospital Regional Lambayeque (Código de investigación: 0324-043-19). El estudio se preparó con base en la declaración STROBE para estudios de cohorte<sup>(15)</sup> y el Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas<sup>(16)</sup>.

Los participantes del estudio fueron evaluados para su elegibilidad y enrolados después de dar su consentimiento informado por escrito a través de sus familiares. El objetivo primario del estudio fue evaluar las variables hemodinámicas ecocardiográficas asociadas con la mortalidad a los 28 días en pacientes con shock séptico en ventilación mecánica. El objetivo secundario fue determinar las variables hemodinámicas con mayor mortalidad en disfunción sistólica, disfunción diastólica del ventrículo izquierdo y disfunción ventricular derecha.

### Tamaño de muestra y plan de análisis estadístico

La población estuvo constituida por 104 pacientes con shock séptico conectados a ventilación mecánica. Se realizó estudio ecocardiográfico transtorácico a las 24 horas del ingreso, seleccionándose 52 pacientes con disfunción sistólica, disfunción diastólica del ventrículo izquierdo, disfunción del ventrículo derecho y 52 pacientes sin disfunción, con seguimiento de mortalidad a los 28 días (Figura 1).

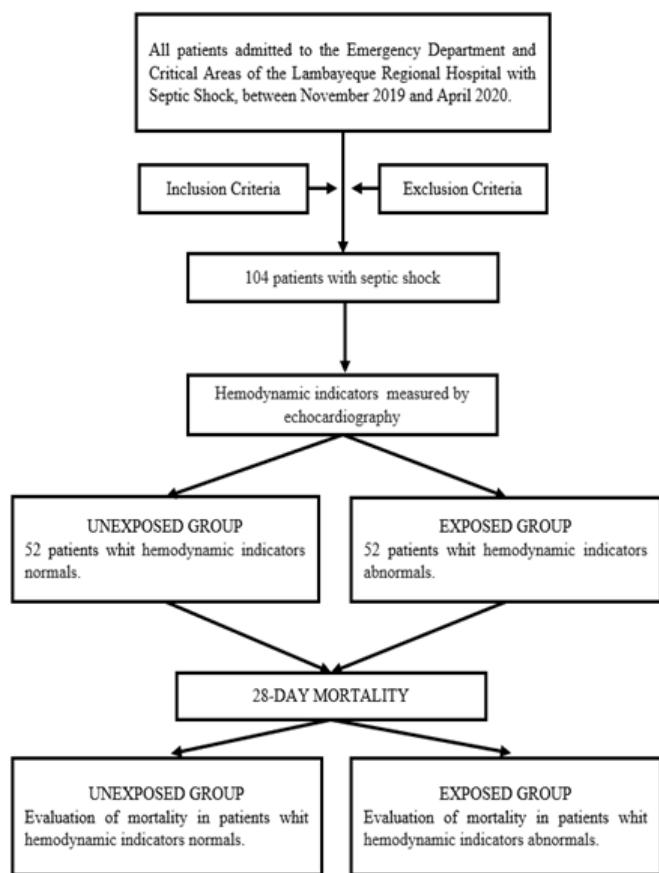


Figura 1. Diagrama de flujo de los criterios de inclusión.

Los pacientes fueron reclutados desde noviembre de 2019 hasta abril de 2022 en el área de emergencia y unidad de cuidados intensivos del Hospital Regional Lambayeque, el seguimiento a cada paciente fue hasta los 28 días de hospitalización en el Departamento de Emergencia y Áreas Críticas.

Los criterios de inclusión fueron pacientes adultos mayores de 18 años; pacientes a los que se les realizó ecocardiografía dentro de las 24 horas posteriores al ingreso; y pacientes con diagnóstico de shock séptico conectado a ventilación mecánica. De los pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión, fueron seleccionados en dos grupos: pacientes con variables hemodinámicas con valores normales como grupo no expuesto y aquellos con variables anormales como grupo expuesto. Hasta el periodo de recolección, se completaron 104 pacientes.

Los criterios de exclusión fueron pacientes con shock hipovolémico, cardiogénico, anafiláctico, neurogénico y obstructivo; pacientes embarazadas y pediátricos; pacientes con antecedentes de patología cardíaca previa y pacientes con alta voluntaria durante el seguimiento del estudio.

El estudio ecocardiográfico se realizó con el ecocardiógrafo transductor VINNO 5 2MHz, VINNO TECHNOLOGY (SUZHOU) CO., LTD, de fabricación china. Este equipo está adscrito al Departamento de Emergencias y Áreas Críticas del Hospital

Regional Lambayeque. El procedimiento fue realizado por un cardiólogo del hospital, quien tomó las mediciones sin tener acceso a los registros médicos ni al seguimiento de los pacientes para evitar cualquier sesgo durante la realización de las medidas ecocardiográficas.

Las variables hemodinámicas medidas por ecocardiografía transtorácica se midieron de la siguiente manera: Los pacientes que presentaron disfunción sistólica del ventrículo izquierdo tuvieron: fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) < 50 %, fracción de acortamiento < 35 %, índice cardíaco (IC) < 2,5 L/min/m<sup>2</sup>. Los pacientes que presentaron disfunción diastólica del ventrículo izquierdo tuvieron: La velocidad máxima de las ondas E y A que es relación entre la onda de llenado ventricular precoz y la contracción auricular: E/A > 2, Relación E/e' (onda E del flujo mitral y onda e' del doppler tisular del anillo mitral): E/e' > 15, e' < 7, regurgitación tricuspídea > 2,8, volumen auricular > 34 ml. Los pacientes con disfunción ventricular derecha tenían: Excursión sistólica del plano anular tricuspídeo (TAPSE) < 17.

La disfunción sistólica se refiere a una condición en la que el corazón no bombea sangre eficientemente durante la fase de sístole, que es la fase del ciclo cardíaco en la que el músculo cardíaco se contrae para expulsar la sangre hacia las arterias. Esto suele estar relacionado con una disminución de la capacidad del ventrículo izquierdo (o en algunos casos del derecho) para contraerse adecuadamente. La disfunción diastólica se refiere a alteraciones miocárdicas o extracardiacas que producen un grado variable de impedimento al llenado del corazón, que puede llevar a un aumento de la presión intraventricular sin un aumento del volumen diastólico y que coincide con una fracción de eyección normal esta puede ser sintomática o asintomática <sup>(14)</sup>.

Posteriormente se comparó la mortalidad de ambas cohortes según los indicadores hemodinámicos medidos.

El análisis estadístico de este estudio fue revisado por un estadístico, quien realizó los procedimientos para la presentación estadística del artículo, extensiones y explicaciones <sup>(17)</sup>.

Para evaluar la distribución de normalidad de la muestra se utilizaron pruebas paramétricas y no paramétricas según correspondiera. Para el procedimiento estadístico univariado se evaluó la distribución de frecuencias, medidas de tendencia central y dispersión; asimismo, se utilizó la prueba de chi-cuadrado para variables nominales y la prueba t de Student para variables de intervalo. Se aplicó regresión logística binaria y análisis de supervivencia. Para estimar la supervivencia se utilizó el método de Kaplan-Meier con la prueba Log Rank (Mantel-Cox), y se determinó la asociación entre indicadores hemodinámicos seleccionados y el tiempo a la mortalidad a los 28 días previo ajuste con análisis multivariado de Cox (método de Wald hacia atrás). El análisis de los datos se realizó con STATA versión 15.0 y SPSS versión 28, definiéndose como significancia estadística un valor p menor a 0,050 y un intervalo de confianza del 95 %.

El estudio se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki y fue revisado y aprobado por el Comité Institucional de Ética en Investigación del Hospital Regional de Lambayeque (N° 0324

## RESULTADOS

Durante el tiempo de estudio se reclutaron 104 pacientes con shock séptico en ventilación mecánica a los que se les realizó estudio ecocardiográfico; las características clínicas de los pacientes con función cardíaca normal y alguna disfunción miocárdica se muestran en la (Tabla 1).

Variables como edad (media 56 años), diabetes mellitus, pacientes con dosis de noradrenalina mayor a 0,5 ug/kg/min, puntaje alto en Sepsis Related Organ Failure Assessment (SOFA) y Acute Physiology and Chronic Health Disease Classification System II (APACHE II) presentaron un riesgo significativamente mayor de disfunción miocárdica. La mortalidad a los 28 días en el grupo con disfunción miocárdica fue del 69 % (RR, 3,25 IC 95 % 2,16-4,88).

**Tabla 1.** Características de los pacientes con shock séptico en ventilación mecánica a los que se les realizó ecocardiografía.

| Variable              | Función Cardíaca |                | Valor p             |
|-----------------------|------------------|----------------|---------------------|
|                       | Normal (n=52)    | Anormal (n=52) |                     |
| Edad, media           | 50 (46-55)       | 56 (51-61)     | 0,035               |
| Sexo, n (%)           |                  |                | 0,060               |
| Masculino             | 32               | 24             |                     |
| Femenino              | 20               | 28             |                     |
| Comorbilidades, n (%) |                  |                |                     |
| Hipertensión arterial | 20               | 18             | 0,410               |
| Diabetes mellitus     | 2                | 12             | 0,0045 <sup>a</sup> |
| Otros                 | 6                | 8              | 0,38                |
| Foco séptico, n (%)   |                  |                |                     |
| Pulmonar              | 22               | 26             | 0,270               |
| Abdominal             | 22               | 12             | 0,025               |
| Ginecológico          | 4                | 8              | 0,170               |
| Dérmico               | 0                | 4              | 0,060               |
| Urinario              | 2                | 0              | 0,230               |
| Neurológico           | 0                | 2              | 0,240               |
| PEEP, media           | 6 (5-10)         | 6(5-10)        | 0,070               |
| Norepinefrina, n      |                  |                |                     |
| 0,1-0,5 ug/kg/min     | 20               | 10             | 0,025               |
| 0,5-1 ug/kg/min       | 32               | 42             | 0,025               |
| SOFA, media           | 9 (3-18)         | 11 (6-18)      | 0,007               |
| APACHE II, media      | 22 (9-32)        | 26 (9-39)      | 0,025               |
| Mortalidad, n (%)     | 0                | 36 (69%)       | 0,000 <sup>b</sup>  |

PEEP= Positive pressure at the end of expiration. SOFA=Sepsis Related Organ Failure Assessment. APACHE II= Acute Physiology and Chronic Health disease Classification System II. aSD= Standard Deviation. bRR= 1,92 IC 95c% 1,40-2,64. cRR= 3,25 IC 95 % 2,16-4,88

El análisis de regresión univariada de Cox en la Tabla 2 mostró que la edad, la FEVI < 50 %, la Fracción de Acortamiento < 35 % y el índice cardíaco < 2,5 L/min/m<sup>2</sup> se asociaron con la mortalidad a los 28 días en pacientes con disfunción sistólica por shock séptico. Luego del ajuste de riesgo mediante el análisis de regresión multivariada de Cox, se pudo observar que en el modelo final del análisis de las variables de función sistólica del ventrículo izquierdo, solo las variables ecocardiográficas índice cardíaco < 2,5 L/min/m<sup>2</sup> (HR, 3,57 IC 95 % 1,25-10) y FEVI < 50% (HR, 7,69 IC95 % 2,5 - 25) contribuyen como predictores de mortalidad (p<0,010).

**Tabla 2.** Análisis de regresión de Hazard Cox univariado y multivariado para estimar la mortalidad a los 28 días en pacientes con shock séptico y disfunción sistólica.

| Variable                      | Análisis univariado |             |         | Análisis multivariado |           |       |
|-------------------------------|---------------------|-------------|---------|-----------------------|-----------|-------|
|                               | HR <sup>a</sup>     | IC 95%      | p       | HR                    | IC 95%    | p     |
| Edad                          | 1,2                 | 1,001-1,047 | 0,030   | 0,97                  | 0,93-1,01 | 0,180 |
| Sexo                          | 1,05                | 0,54-2,02   | 0,890   | 1,86                  | 0,72-4,80 | 0,200 |
| Hipertensión                  | 0,78                | 0,24-2,61   | 0,690   | 0,36                  | 0,07-1,82 | 0,210 |
| Diabetes                      | 1,65                | 0,55-4,96   | 0,360   | 0,69                  | 0,18-2,66 | 0,590 |
| PEEP                          | 0,75                | 0,54-1,05   | 0,090   | 0,64                  | 0,25-1,65 | 0,360 |
| LVEF<50%                      | 0,23                | 0,12-0,45   | <0,0001 | 3,57                  | 1,25-10   | 0,010 |
| Fraction de Acortamiento <35% | 0,48                | 0,24-0,97   | 0,04    | 0,92                  | 0,39-2,18 | 0,860 |

PEEP= Positive pressure at the end of expiration. LVEF= Left Ventricular Ejection Fraction

El análisis de regresión de Cox univariado de la Tabla 3 mostró que las variables ecocardiográficas E/A>2 y E/e'>15 se asociaron con mortalidad a 28 días en pacientes con shock séptico y disfunción diastólica. Luego del ajuste de riesgo mediante análisis de regresión multivariante de Cox, se pudo observar que, en el modelo final del análisis de las variables de función diastólica del ventrículo izquierdo, solo la variable E/e'>15 contribuyó como predictor de mortalidad (p<0,001). E/e'<15 es un factor protector en mortalidad en pacientes con shock séptico en ventilación mecánica (HR, 0,11 IC95 % 0,02-0,48).

**Tabla 3.** Análisis de regresión de Cox de riesgo univariado y multivariado para estimar la mortalidad a los 28 días en pacientes con shock séptico y disfunción diastólica

| Variable     | Análisis Univariado |            |        | Análisis Multivariado |            |        |
|--------------|---------------------|------------|--------|-----------------------|------------|--------|
|              | HR <sup>a</sup>     | IC 95%     | p      | HR                    | IC 95%     | p      |
| Hipertensión | 0,78                | 0,24-2,61  | 0,690  | 0,86                  | 0,24-3,08  | 0,810  |
| Diabetes     | 1,65                | 0,55-4,96  | 0,360  | 1,57                  | 0,46-5,38  | 0,460  |
| PEEP         | 0,75                | 0,54-1,05  | 0,090  | 0,80                  | 0,57-1,14  | 0,230  |
| E/A>2        | 0,49                | 0,24- 0,96 | 0,040  | 2,55                  | 0,57-11,43 | 0,220  |
| E/e'>15      | 0,34                | 0,17-0,69  | <0,010 | 0,11                  | 0,02-0,48  | <0,010 |
| Vel e' <7    | 0,63                | 0,33-1,21  | 0,160  | 2,02                  | 0,70-5,84  | 0,190  |

PEEP= Positive pressure at the end of expiration. LVEF= Left Ventricular Ejection Fraction. Vel e'= Velocity of waves E. E/e' ratio (E wave of the mitral flow and e' wave of the tissue doppler of the mitral annulus) aHR= Hazard Ratio.

En el análisis de supervivencia de Kaplan-Meier (Figura 2 y Figura 3) de las variables FEVI e índice cardíaco, los pacientes con FEVI > 50 % e índice cardíaco (IC) > 2,5 L/min/m<sup>2</sup> mostraron una mayor probabilidad de supervivencia. El tiempo estimado de supervivencia para los pacientes con FEVI < 50 % fue de 10,40 días (IC 95 % 6- 14,8 días), y para los pacientes que tuvieron un IC <2,5 L/min/m<sup>2</sup> fue de 5,6 días (IC 95 % 3,4-7,4 días).

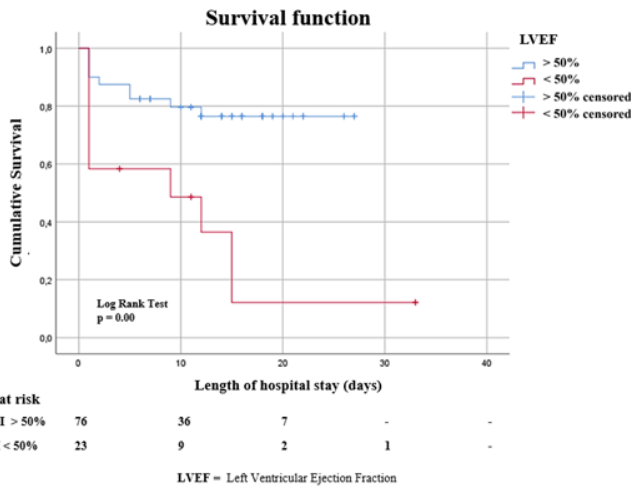


Figura 2. Curva de supervivencia de Kaplan Meier de la FEVI en pacientes con shock séptico. La curva de Kaplan Meier muestra que la supervivencia fue mayor en pacientes con FEVI > 50 %.

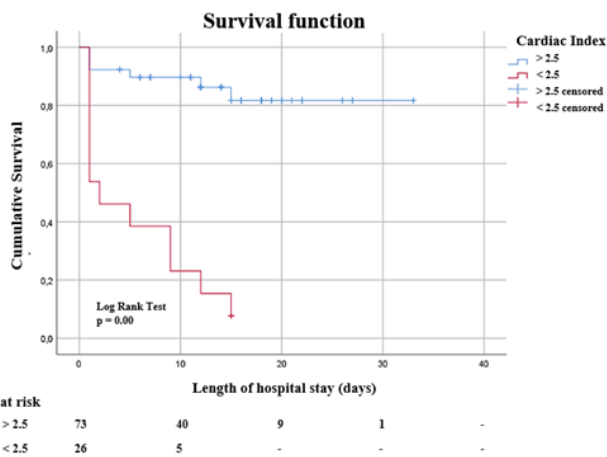


Figura 3. Curva de supervivencia de Kaplan Meier con índice cardíaco en pacientes con shock séptico. La curva de Kaplan Meier muestra que la supervivencia fue mayor en pacientes con índice cardíaco (CI) > 2,5 L/min/m2.

En la Figura 4 se muestra el análisis de Kaplan-Meier de la variable hemodinámica E/e', donde se observó que la probabilidad de supervivencia de los pacientes con E/e' < 15 fue significativamente mayor que la de los pacientes con E/e' > 15. El tiempo estimado de supervivencia de los pacientes con E/e' > 15 fue de 12 días (IC 95 % 13,2 - 21,7 días).

## DISCUSIÓN

En el presente estudio se confirma la información publicada con varios artículos que mencionan la gran importancia de la ecocardiografía en pacientes críticos, en este caso en pacientes con shock séptico en ventilación mecánica, pudiendo detectar función cardíaca fuera de parámetros ecocardiográficos normales, asociándose esto a un riesgo de mortalidad que alcanza RR: 3,25 (IC 95 % 2,16 - 4,88). El riesgo de muerte en

La Figura 5 muestra el análisis de Kaplan-Meier de la variable hemodinámica TAPSE para evaluar la disfunción ventricular derecha, mostrando que la probabilidad de supervivencia de los pacientes con TAPSE > 17 mm fue significativamente mayor que la de los pacientes con TAPSE < 17 mm. El tiempo de supervivencia estimado de los pacientes con TAPSE < 17 mm fue de 3,88 días (IC 95 % 1,48 - 6,28 días), en comparación con los pacientes con TAPSE > 17 mm, que fue de 26 días (IC 95 % 23,43 - 28,70 días).

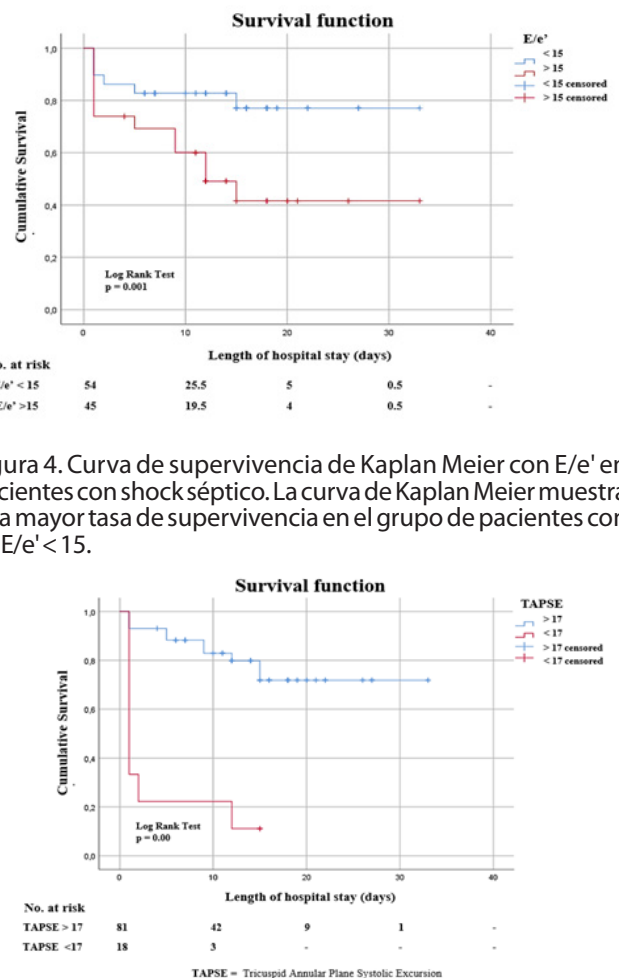


Figura 4. Curva de supervivencia de Kaplan Meier con E/e' en pacientes con shock séptico. La curva de Kaplan Meier muestra una mayor tasa de supervivencia en el grupo de pacientes con un E/e' < 15.

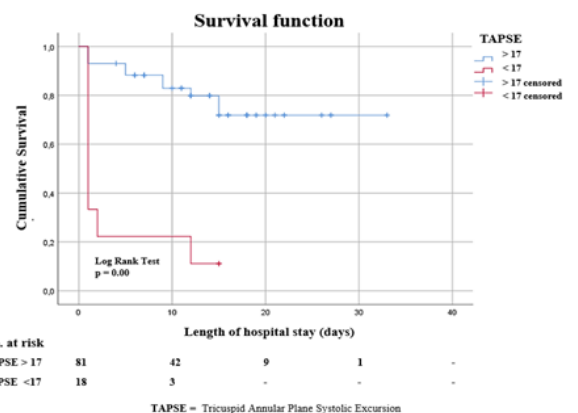


Figura 5. Curva de supervivencia de Kaplan Meier con TAPSE en pacientes con shock séptico. La curva de Kaplan Meier muestra una tasa de supervivencia notablemente mayor en pacientes con un TAPSE > 17 mm

pacientes con shock séptico aumenta si el paciente tiene diabetes y se encuentra en infusión continua de noradrenalina a dosis mayores de 0,5 ug/kg/min.

Además, demostramos que las variables de disfunción sistólica del ventrículo izquierdo que determinaron la sobrevida en pacientes con shock séptico en ventilación mecánica fueron FEVI < 50 %, fracción de acortamiento < 35 % e índice cardíaco < 2,5 L/min/m2; Además, se pudo demostrar con análisis de

regresión que los predictores de mortalidad fueron FEVI < 50 % (HR 3,57 IC95 % 1,25-10) e índice cardíaco < 2,5 L/min/m<sup>2</sup> (HR 7,69 IC95 % 2,5 - 25). Además, otros estudios, como el de Kim et al. (2020), también determinaron que la disfunción sistólica ventricular izquierda severa, pero con FEVI < 30 %, se asoció significativamente con mayor mortalidad (HR 1,97 IC 95 % 1,04 - 3,75)<sup>(18)</sup>.

La disfunción miocárdica se ha asociado con mayor mortalidad en pacientes críticos; sin embargo, no existen estudios donde las variables predictoras de mortalidad incluyan variables de función ventricular, combinadas con variables clínica y analíticamente significativas con ecocardiografía, así como su seguimiento en su evolución<sup>(19)</sup>.

En cuanto al índice cardíaco < 2,5 L/min/m<sup>2</sup>, no se encontraron referencias previas que consideren esta variable como predictor de mortalidad en disfunción sistólica ventricular izquierda en pacientes con shock séptico en ventilación mecánica, por lo que recomendamos más estudios sobre esta variable como predictor de mortalidad. Al evaluar la disfunción diastólica del ventrículo izquierdo, la única variable que determinó la supervivencia en pacientes con shock séptico en ventilación mecánica fue E/e' > 15, la cual también demostró ser la única variable que predijo mortalidad (HR 0,11 IC95 % 0,02 - 0,48). Valores alterados E/e' mayores de 15 implican un aumento de la presión telediastólica en el ventrículo izquierdo con complacencia disminuida. La relación E/e' se obtuvo al correlacionar la onda E, medida con Doppler pulsado transmitral, y la onda e', que se obtuvo al medirla con Doppler tisular del borde libre del anillo mitral<sup>(20)</sup>.

Estudios como el de Rolando et al. determinaron que E/e' > 11 es un excelente predictor independiente de mortalidad en UCI (OR = 1,36; p < 0,020)<sup>(21)</sup>. De igual forma, Landesberg G. et al. (2011) encontraron que el aumento de E/e' fue uno de los predictores independientes más fuertes de mortalidad (HR 1,08 IC95 % 1,04 - 1,13 p<0,001)<sup>(22)</sup>.

Además, el estudio de Delgado S, et al. (2021) no encontró diferencias significativas en la fracción de eyección del ventrículo izquierdo entre los supervivientes y no supervivientes a los 30 días, con intervalos de confianza del 95 % de 54,4 - 57,9 y 49,67-56,9, respectivamente. Asimismo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la relación entre la velocidad de la onda E por flujo transmitral y la velocidad de la onda e' del anillo mitral. Estos hallazgos sugieren que estas mediciones no son predictivas de la mortalidad en este contexto; sin embargo, es importante considerar que la disfunción miocárdica, tanto sistólica como diastólica, ha sido asociada con un peor pronóstico en pacientes con shock séptico, aunque su relación con la mortalidad no está completamente definida<sup>(23)</sup>.

Nuestros resultados coinciden con los hallazgos previos. En nuestro estudio, nos centramos en evaluar la variable TAPSE (desplazamiento tricúspide en plano apical) como indicador

de disfunción sistólica del ventrículo derecho. El análisis de supervivencia mediante la curva de Kaplan-Meier reveló un tiempo de supervivencia significativamente más corto, de 3,8 días, en pacientes con TAPSE inferior a 17 mm que estaban en shock séptico y recibían ventilación mecánica, con una razón de riesgo (HR) de 0,14 y un intervalo de confianza del 95 % de 0,07 a 0,28. El TAPSE es ampliamente reconocido como un indicador ecocardiográfico valioso para evaluar la disfunción sistólica del ventrículo derecho, como se destaca en la revisión sistemática de Huang et al. (2018). Esto se debe a que, en pacientes críticos, a menudo es desafiante obtener ventanas ecocardiográficas adecuadas para realizar mediciones precisas del ventrículo derecho, lo que hace que el TAPSE sea una herramienta práctica y accesible en entornos clínicos intensivos.

Asimismo, Innocenti F. et al. (2020) realizaron un estudio en el que concluyeron que, en pacientes con sepsis o shock séptico, la disfunción sistólica del ventrículo derecho, identificada por un TAPSE < 16 mm, es un predictor independiente de mortalidad a 28 días<sup>(25)</sup>. Modin D., (2019), afirma que la función sistólica del ventrículo derecho, evaluada por TAPSE, se asocia con muerte cardiovascular en la población general, por lo tanto, la evaluación de la función sistólica del ventrículo derecho puede aportar información pronóstica novedosa sobre el riesgo de muerte<sup>(26)</sup>.

Por lo tanto, en el momento actual, los pilares en los que se sustenta la valoración de los pacientes cardíacos son, sin duda también con el análisis del ecocardiograma-Doppler que permite una intervención rápida<sup>(27)</sup> y un seguimiento intensificado. Otra limitación es que los resultados no pudieron ser generalizados debido a que la ecocardiografía mide parámetros por un corto periodo de tiempo y esto hace posible que intervenciones terapéuticas previas, como el uso de vasopresores, cambien drásticamente la hemodinámica y los desenlaces del paciente séptico.

Entre las limitaciones del presente estudio, se encuentra el tamaño reducido de la muestra, lo que puede limitar la generalización de los hallazgos; sin embargo, este análisis preliminar aporta información valiosa en una región donde los datos sobre este tema son escasos, sirviendo como base para futuros estudios más amplios. Además, la naturaleza de la ecocardiografía, que mide parámetros en un momento específico, puede no reflejar completamente la dinámica hemodinámica del paciente, especialmente si se han realizado intervenciones terapéuticas previas como el uso de vasopresores o fluidoterapia intravenosa. Esto podría influir en la evaluación del estado de volemia y las condiciones de carga y presión de llenado, que son cruciales para la hemodinámica del paciente séptico. Otra limitación es que no se realizó un seguimiento ecocardiográfico diario a los pacientes, lo que impidió evaluar cambios potencialmente significativos en la función miocárdica a lo largo de la evolución clínica; sin embargo, estos hallazgos iniciales sugieren áreas importantes para futuras investigaciones más extensas y longitudinales.

Los hallazgos clínicos derivados del presente estudio subrayan la relevancia de las variables hemodinámicas ecocardiográficas en el monitoreo integral de pacientes con shock séptico en ventilación mecánica. Estos parámetros ofrecen información valiosa para la evaluación dinámica de la función cardiovascular y permiten una mejor toma de decisiones clínicas orientadas a optimizar el manejo terapéutico. Incorporar estas herramientas al seguimiento rutinario de los pacientes no solo contribuye a la detección temprana de complicaciones potenciales, sino que también tiene el potencial de mejorar los desenlaces clínicos, destacando su papel como componente esencial en el abordaje multidisciplinario del shock séptico.

## Conclusiones

El estudio encontró que las variables hemodinámicas predictivas de mortalidad medidas por ecocardiografía transtorácica en pacientes con shock séptico en ventilación mecánica, como el índice cardiaco y la fracción de eyección del ventrículo izquierdo en disfunción sistólica y el TAPSE en disfunción diastólica, consideran la vigilancia de los predictores de mortalidad identificados como estrategia valiosa para guiar intervenciones terapéuticas tempranas. Dado que la sepsis y el shock séptico siguen siendo una causa significativa de morbimortalidad en pacientes críticos, estudios como el nuestro son fundamentales para mejorar el valor predictivo de las herramientas diagnósticas disponibles, lo que podría contribuir a reducir el riesgo de mortalidad asociada mediante intervenciones oportunas y personalizadas.

**Conflicto de intereses:** No se tiene conflicto de interés por parte de los autores.

**Financiamiento:** Autofinanciado.

**Contribuciones:** LACC: metodología, recolección de datos y redacción; YCR: recolección de datos y supervisión; VCA: metodología y revisión.

**Agradecimientos:** Dirección de Investigación del Hospital Regional Lambayeque.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Vallabhajosyula S, Gillespie SM, Barbara DW, Anavekar NS, Pulido JN. (2018) Impact of New-Onset Left Ventricular Dysfunction on Outcomes in Mechanically Ventilated Patients With Severe Sepsis and Septic Shock. *J Intensive Care Med*; 33:680–6. <https://doi.org/10.1177/0885066616684774>.
- Sweeney TE, Khatri P. Septic Cardiomyopathy: Getting to the Heart of the Matter. *Crit Care Med*. 2017; 45:556–7. Doi: 10.1097/CCM.0000000000002239.
- Sanfilippo F, Corredor C, Fletcher N, Landesberg G, Benedetto U, Foex P, et al. Diastolic dysfunction and mortality in septic patients: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med*. 2015;41:1004–13. Doi: 10.1007/S00134-015-3748-7.
- Sevilla-Berrios RA, O'Horo JC, Velagapudi V, Pulido JN. (2014) Correlation of left ventricular systolic dysfunction determined by low ejection fraction and 30-day mortality in patients with severe sepsis and septic shock: a systematic review and meta-analysis. *J Crit Care*. 2014;29:495–9. Doi: 10.1016/J.JCIRC.2014.03.007.
- Neto AS, Schultz MJ, Festic E, Adhikari NKJ, Dondorp AM, Pattnaik R, et al. (2019) Ventilatory Support of Patients with Sepsis or Septic Shock in Resource-Limited Settings. Arjen M, Dürsen M, Schultz M. *Sepsis Management in Resource-Limited Settings*. 2019; 131–49. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-03143-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03143-5_6).
- Fuller BM, Mohr NM, Dettmer M, Kennedy S, Cullison K, Bavolek R, et al. Mechanical ventilation and acute lung injury in emergency department patients with severe sepsis and septic shock: an observational study. *Acad Emerg Med*. 2013;20:659–69. Doi: <https://doi.org/10.1111/acem.12167>.
- Magder S, Guerard B. Heart-lung interactions and pulmonary buffering: lessons from a computational modeling study. *Respiratory Physiology and Neurobiology*. 2012;182:60–70. Doi: 10.1016/j.resp.2012.05.011.
- Grübler Martin R, Olivier W, David B, Stefan B. (2017) Basic concepts of heart-lung interactions during mechanical ventilation. *Swiss Med Wkly*. 2017;147. Doi: 10.4414/smw.2017.14491.
- Shekerdemian L, Bohn D. Cardiovascular effects of mechanical ventilation. *Archives of Disease in Childhood*. 1999;80:475–80. Doi: 10.1136/adc.80.5.475.
- Mahmood SS, Pinsky MR. Heart-lung interactions during mechanical ventilation: the basics. *Ann Transl Med* 2018;6:349–349. Doi: 10.21037/ATM.2018.04.29.
- Vieillard-Baron A, Matthay M, Teboul JL, Bein T, Schultz M, Magder S, et al. Experts' opinion on management of hemodynamics in ARDS patients: focus on the effects of mechanical ventilation. *Intensive Care Med*. 2016;42:739–49. Doi: 10.1007/S00134-016-4326-3.
- Orde SR, Pulido JN, Masaki M, Gillespie S, Spoon JN, Kane GC, et al. Outcome prediction in sepsis: speckle tracking echocardiography based assessment of myocardial function. *Critical Care* 2014;18:R149. Doi: 10.1186/CC13987.
- Teboul JL, Saugel B, Cecconi M, de Backer D, Hofer CK, Monnet X, et al. Less invasive hemodynamic monitoring in critically ill patients. *Intensive Care Med*. 2016;42:1350–9. Doi: 10.1007/S00134-016-4375-7.
- Ayuela Azcarate JM, Clau Terré F, Ochagavia A, Vicho Pereira R. Role of echocardiography in the hemodynamic monitoring of critical patients. *Med Intensiva*. 2012;36:220–32. Doi: 10.1016/J.MEDIN.2011.11.025.
- Cuschieri S. The STROBE guidelines. *Saudi J Anaesth* 2019;13(suppl1):S31-S34. Doi: 10.4103/sja.SJA\_543\_18.
- International Committee of Medical Journal Editors. Recommendations. Preparing a Manuscript for Submission to a Medical Journal [Internet]. ICMJE. 2022 [Citado el 20 de marzo del 2025]. Disponible en: <https://www.icmje.org/recommendations/browse/manuscript-preparation/preparing-for-submission.html>
- Bailar JC, Mosteller F. Guidelines for statistical reporting in articles for medical journals. Amplifications and explanations. *Annals of Internal Medicine*. 1988;108:266–73. Doi: 10.7326/0003-4819-108-2-266.
- Kim S, Lee JD, Kim BK, Kim YH, Kim JH. (2020) Association between Left Ventricular Systolic Dysfunction and Mortality in Patients with Septic Shock. *J Korean Med Sci*;35(4):e24. Doi: 10.3346/JKMS.2020.35.E24.



19. Martínez-Benítez P, Thanh-Duong B, Pérez-Rivera T, Viet-Dai-N, Chipi-Rodríguez Y, Martínez-García G. El ecocardiograma en el diagnóstico de la disfunción miocárdica por sepsis. *Revista Cubana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular*. 2022; 28(3):e1271. Disponible en: <http://www.revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/1271>
20. Díaz-Herrera W, Rincón-Flórez D, Martínez-Montalvo C. (2017) Evaluación de la disfunción diastólica y consideraciones perioperatorias. *Acta méd. Peru [Internet]* 2017 [Citado el 20 de febrero del 2025];34(3):208-216. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v34n3/a08v34n3.pdf>
21. Rolando G, Espinoza EDV, Avid E, Welsh S, del Pozo J, Vazquez AR, et al. (2015) Prognostic value of ventricular diastolic dysfunction in patients with severe sepsis and septic shock. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2015;27(4):333–9. Doi: 10.5935/0103-507X.20150057.
22. Landesberg G, Gilon D, Meroz Y, Georgieva M, Levin PD, Goodman S, et al. Diastolic dysfunction and mortality in severe sepsis and septic shock. *European Heart Journal*. 2012;33:895–903. Doi: 10.1093/EURHEARTJ/EHR351.
23. Delgado-Serrano J, Torres-Cordón M, Peña-Rangel M, Torres-Langhammer M, Useche-Traslaviña C, Duarte Hedilberto, et al. Myocardial dysfunction and its prognostic utility in sepsis and septic shock. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc [Internet]* 2021 [Citado el 29 de octubre del 2023];59(4):300-5 <https://fi-admin.bvsalud.org/document/view/pv63e>
24. Huang S, Nalos M, Smith L, Rajamani A, McLean AS. The use of echocardiographic indices in defining and assessing right ventricular systolic function in critical care research. *Intensive Care Medicine*. 2018;44:868–83. Doi: 10.1007/S00134-018-5211-Z.
25. Sánchez-Pardo S, Ochoa-Díaz AF, Rodríguez-Amaya RM, Rojas-Garrido EM, Rodríguez-Morales AJ. (2020) Factores relacionados con letalidad en pacientes con bacteriemia hospitalizados por patología médica en una institución de tercer nivel en Colombia, 2014-2016. *Rev Chil Infectol*. 2020;37(5):515-522. doi: 10.4067/S0716-10182020000500515.
26. Daniel Modin, Mogelvan R, Andersen D, Sorensen T. Right Ventricular Function Evaluated by Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion Predicts Cardiovascular Death in the General Population. *Journal of the American Heart Association*. 2019; 8(10):e012197. Doi: 10.1161/JAHA.119.012197
27. Innocenti F, Palmieri V, Stefanone VT, Donnini C, D'Argenzio F, Cigana M, et al. Epidemiology of right ventricular systolic dysfunction in patients with sepsis and septic shock in the emergency department. *Intern Emerg Med* 2020;15:1281–9. Doi: 10.1007/S11739-020-02325-Z.