

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE MEDICINA**  
**POSGRADO DE ESPECIALIDADES MÉDICAS**



**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA NARRATIVA**

**“GASTO CARDÍACO BAJO POR ECOGRAFÍA Y LACTATO ARTERIAL  
COMO PREDICTORES DE MORTALIDAD EN SHOCK CARDIOGÉNICO:  
UNA REVISIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE GASTO CARDÍACO BAJO E  
HIPERLACTATEMIA ARTERIAL EN CONJUNTO EN PACIENTES  
INGRESADOS EN CUIDADOS INTENSIVOS”**

Presentado por:

**Dr. Luis Eduardo Molina Escobar**

Para optar al Título de:

**Especialista en Medicina Interna**

Asesor de Tesis:

MD., MBA. Flor de María Castro Rodríguez-Gallo

San Salvador, noviembre de 2024.

**Autoridades**

M.Sc. Juan Rosa Quintanilla

**Rector**

M.Sc. Josefina Sibrián

**Decano**

Dr. Edward Herrera

**Director Escuela De Posgrados**

Dra. Mercedes Lizeth Gallegos

**Coordinadora Especialidad Medicina Interna**

**UES-Hospital Nacional Rosales**

Dr. Mario Ernesto Soriano Lima

**Profesor De Investigación De Postgrado De Medicina Interna**

**UES-Hospital Rosales**

Dr. Manuel Enrique Bello

Dra. Karla Lisseth Girón Bonilla Muñoz

Dr. Wilfredo Ernesto López

**Comité Evaluador**

MD., MBA. Flor de María Castro Rodríguez-Gallo

**Asesor**

## **Agradecimientos**

A Dios, por su infinita misericordia y por guiarme en cada paso de mi formación profesional, brindándome sabiduría y fortaleza para alcanzar esta meta académica.

A mi madre, pilar fundamental en mi vida, por su amor incondicional y sacrificios que me han permitido llegar hasta aquí. Sus enseñanzas y valores han sido la base sobre la que he construido mi carrera.

A mi esposa y a mis amados hijos, por ser mi mayor motivación durante este proceso. Su paciencia, comprensión y amor incondicional han sido fundamentales para lograr culminar esta etapa.

A mis maestros, quienes con su vocación y dedicación han contribuido significativamente en mi formación como especialista, compartiendo no solo sus conocimientos sino también sus experiencias y consejos invaluable.

Un agradecimiento especial a mi asesora, Dra. Flor de María Castro Rodríguez Gallo, por su guía, dedicación y aportes fundamentales en la realización de este trabajo. Su experiencia y conocimientos han sido cruciales para el desarrollo de esta revisión bibliográfica.

Al Dr. Mario Ernesto Soriano Lima, profesor de investigación de postgrado, por su invaluable orientación metodológica y su compromiso con la excelencia académica, que han sido determinantes para la culminación exitosa de esta investigación.

A todos aquellos que de una u otra forma han contribuido en mi formación profesional y en la realización de este trabajo.



MINISTERIO  
DE SALUD

HOSPITAL  
NACIONAL  
EL SALVADOR



N° 2023-HNES-UDP-0078  
19 de noviembre de 2024

**Dr. Mario Ernesto Soriano Lima**  
Profesor de Investigación Posgrado Especialidad Medicina Interna  
Hospital Nacional Rosales/ Universidad de El Salvador  
Presente.

Estimado Doctor:

Reciba un cordial saludo deseándole éxito en sus actuales gestiones.

Sirva la presente en respuesta a solicitud presentada por **Dr. Luis Eduardo Molina Escobar** Médico Residente de tercer año de Sub especialidad de Cuidados Críticos Adultos Hospital Nacional El Salvador/Universidad Dr. José Matías Delgado, en torno al sometimiento de aprobación para ejecutar el protocolo de investigación "**Bajo Gasto cardíaco medido por Ecografía y Lactato arterial como predictores de mortalidad en Shock Cardiogénico: un análisis de la correlación entre bajo Gasto Cardíaco y Hiperlactatemia de inicio, en pacientes ingresados en UCI cardiovascular, el Hospital Nacional El Salvador, de enero 2023 a diciembre de 2024**" para ser presentado como proyecto final de investigación para optar al Posgrado de Especialidad en Medicina Intema, la cual hemos revisado cuidadosamente.

Lamentablemente, le notificamos que su solicitud es **RECHAZADA**, debido a que nuestra política de acceso a la información de los expedientes dínicos electrónicos, es restringido únicamente para personal activo, y el recurso en su calidad de egresado para 2025 dejará de contar con un vínculo laboral con nuestra institución por lo que perderá acceso a la información necesaria.

Apreciamos el interés y en ese sentido proponemos como alternativa se le permita realizar una **Revisión Bibliográfica Narrativa**, que es un trabajo eminentemente documental basado en consulta de fuentes publicadas que no requiere acceso a información confidencial, lo que permitirá desarrollar un análisis exhaustivo y riguroso son comprometer la privacidad de los pacientes ni la integridad de los datos.

Agradeciendo de antemano su atención a la presente y sin otro particular me despido.  
Atentamente,

**Zayri Geraldine García Meléndez**  
Jefe de Unidad de Desarrollo Profesional  
Hospital Nacional El Salvador.  
Tel.: (503) 6010-6763  
[Zayra.garciam@salud.gob.sv](mailto:Zayra.garciam@salud.gob.sv)



## Notación y Acrónimos

DeCS:	Descriptores en Ciencias de la Salud
E/A:	Ratio entre onda E y onda A del flujo mitral
FEVI:	Fracción de Eyección del Ventriculo Izquierdo
IC:	Intervalo de Confianza
IL-1 $\beta$ :	Interleucina 1 beta
IL-6:	Interleucina 6
OR:	Odds Ratio (Razón de probabilidades)
PAS:	Presión Arterial Sistólica
RV:	Right Ventricle (Ventriculo derecho)
ST:	Segmento ST del electrocardiograma
TAPSE:	Excursión Sistólica del Plano Anular Tricuspídeo
TNF- $\alpha$ :	Factor de Necrosis Tumoral alfa
TSVI:	Tracto de Salida del Ventriculo Izquierdo
VI:	Ventriculo Izquierdo
VTI:	Integral Velocidad-Tiempo

## Índice

1. Introducción.....	10
2. Planteamiento Del Problema.....	12
3. Justificación.....	14
4. Objetivos De La Investigación.....	17
4.1. Objetivo General.....	17
4.2. Objetivos Específicos.....	17
5. Metodología.....	18
6. Marco Teórico.....	20
6.1. Introducción Al Shock Cardiogénico.....	20
6.2. Epidemiología Y Factores De Riesgo.....	21
6.3. Fisiopatología Del Shock Cardiogénico.....	22
6.4. Evaluación Del Gasto Cardíaco.....	23
6.5. Evaluación Ecográfica Del Shock Cardiogénico.....	23
6.6. Parámetros Ecográficos Específicos.....	25
6.6.1. Integral Velocidad-Tiempo.....	25
6.6.2. Método De Simpson Biplanar.....	26
6.6.3. Strain Miocárdico.....	27
6.6.4. Evaluación Del Flujo Mitral Con Doppler Pulsado.....	28

6.6.5. Función Ventricular Derecha.....	29
6.6.6. Índice Cardíaco.....	31
6.7. Lactato Arterial Y Su Valor Predictivo.....	32
7.0. Resultados.....	34
7.1. Correlación Entre Bajo Gasto Cardíaco Y Lactato Elevado.....	34
7.2. Protocolos De Evaluación Integrados.....	35
7.3. Consideraciones Especiales.....	36
7.4. Optimización Del Manejo Terapéutico.....	37
7.5. Pronóstico Y Seguimiento.....	38
7.6. Consideraciones Económicas Y De Recursos.....	39
7.7. Perspectivas Futuras Y Nuevas Tecnologías.....	40
8. Discusión.....	42
9. Conclusiones.....	46
10. Recomendaciones.....	48
14. Referencias Bibliográficas.....	51
15. Anexos.....	62
Anexo 1.....	63

## **RESUMEN**

El shock cardiogénico representa una causa frecuente de mortalidad en cuidados intensivos, con tasas entre 40-60% a pesar de los avances terapéuticos, lo que implica que los profesionales de salud necesitan herramientas precisas para evaluar y tratar oportunamente. La mayoría de los métodos tradicionales para evaluar el gasto cardíaco son invasivos, lo que representa un problema en el manejo inicial y seguimiento de estos pacientes. El objetivo del estudio es analizar la correlación entre el gasto cardíaco bajo medido por ecocardiografía y los niveles de lactato arterial como predictores de mortalidad en pacientes con shock cardiogénico. Se realizó una revisión bibliográfica mediante búsqueda en bases de datos como PubMed, Scopus, Cochrane, WoS y Google académico, en las que se analizaron diferentes estudios que demuestran que la combinación de parámetros ecocardiográficos de bajo gasto y niveles elevados de lactato proporciona un valor predictivo positivo del 89% para mortalidad a 30 días, con una mejora significativa en la estratificación de riesgo comparado con su uso individual. Esta aproximación combinada representa una alternativa ideal para la evaluación y seguimiento del shock cardiogénico en unidades de cuidados intensivos cardiovasculares.

### **Palabras clave**

Shock cardiogénico, Gasto cardíaco, Lactato arterial, Ecocardiografía, Mortalidad.

## Abstract

Cardiogenic shock is a common cause of mortality in intensive care units, with rates ranging from 40-60% despite therapeutic advances, highlighting the need for healthcare professionals to have precise tools for timely assessment and treatment. Most traditional methods for evaluating cardiac output are invasive, posing challenges for these patients' initial management and follow-up. The objective of this study is to analyze the correlation between low cardiac output measured by echocardiography and arterial lactate levels as predictors of mortality in patients with cardiogenic shock. A bibliographic review was conducted using databases such as PubMed, Scopus, Cochrane, WoS, and Google Scholar, analyzing various studies that demonstrate that the combination of echocardiographic parameters of low output and elevated lactate levels provides a positive predictive value of 89% for 30-day mortality, with significant improvement in risk stratification compared to their individual use. This combined approach represents an ideal alternative for evaluating and following cardiogenic shock in cardiovascular intensive care units.

## Keywords

Cardiogenic shock, Cardiac output, Arterial lactate, Echocardiography, Mortality

## **Introducción**

El shock cardiogénico representa una de las complicaciones más devastadoras en el ámbito de la medicina cardiovascular crítica, caracterizándose por una marcada disminución de la función cardíaca que resulta en hipoperfusión tisular crítica. A pesar de los avances significativos en el manejo terapéutico durante las últimas décadas, la mortalidad asociada permanece elevada, oscilando entre 40-60%, lo que subraya la necesidad de mejorar las estrategias de evaluación y manejo temprano.

La identificación precisa y oportuna de pacientes con mayor riesgo de mortalidad constituye un desafío fundamental en las unidades de cuidados intensivos.

En este contexto, la evaluación del gasto cardíaco emerge como un parámetro crítico para la estratificación del riesgo y la toma de decisiones terapéuticas. Tradicionalmente, esta evaluación se realizaba mediante técnicas invasivas como el catéter de arteria pulmonar, que, aunque precisas, conllevan riesgos inherentes y limitaciones logísticas significativas.

La ecocardiografía ha emergido como una herramienta fundamental para la evaluación no invasiva del gasto cardíaco, demostrando una precisión notable (85-95%) en la medición de diversos parámetros como la fracción de eyección, el Strain miocárdico y la integral velocidad-tiempo. Sin embargo, la variabilidad operador-dependiente y las limitaciones técnicas en determinados contextos clínicos han motivado la búsqueda de marcadores complementarios para mejorar la estratificación del riesgo.

El lactato arterial, por su parte, ha demostrado ser un predictor independiente de mortalidad, particularmente cuando supera los 4 mmol/L. Su valor pronóstico se fundamenta en su capacidad para reflejar el grado de hipoperfusión tisular y la severidad del compromiso hemodinámico. Estudios recientes sugieren que la integración de la evaluación ecocardiográfica del gasto cardíaco con la monitorización del lactato arterial podría proporcionar una estratificación del riesgo más precisa y clínicamente relevante.

La presente revisión bibliográfica narrativa tiene como objetivo analizar la evidencia actual sobre la correlación entre el gasto cardíaco bajo medido por ecocardiografía y los niveles de lactato arterial como predictores de mortalidad en pacientes con shock cardiogénico. Se examinó la literatura disponible para evaluar la utilidad clínica de este enfoque combinado, sus limitaciones metodológicas y su potencial impacto en la práctica clínica.

La comprensión profunda de esta correlación y su aplicación clínica resulta particularmente relevante en el contexto actual, donde la optimización de recursos y la toma de decisiones basada en evidencia son fundamentales para mejorar los resultados en pacientes críticos. Esta revisión pretende proporcionar una síntesis actualizada y crítica de la evidencia disponible, facilitando su traducción a la práctica clínica en las unidades de cuidados intensivos.

## **Planteamiento del Problema**

El shock cardiogénico continúa siendo una de las complicaciones más graves en cuidados intensivos, manteniendo tasas de mortalidad elevadas a pesar de los avances en su manejo médico.<sup>1,2</sup> La identificación temprana de pacientes con mayor riesgo de muerte representa un reto de gran importancia en las unidades de cuidados intensivos.<sup>3</sup>

La evaluación ecocardiográfica ha demostrado alta precisión para medir el gasto cardíaco usando diferentes parámetros como fracción de eyección, Strain y VTI<sup>4,5</sup>. Sin embargo, pueden existir variaciones en las mediciones según el operador, aunque esto puede mejorarse con protocolos estandarizados<sup>6</sup>. Por otro lado, el lactato arterial ha demostrado ser un predictor independiente de mortalidad.<sup>7,8</sup>

Estudios recientes han encontrado que cuando se combinan los hallazgos de bajo gasto cardíaco en el ecocardiograma con niveles altos de lactato, la capacidad para predecir mortalidad a 30 días aumenta significativamente.<sup>9,10</sup> Este enfoque que une ambas mediciones ha mejorado la identificación de pacientes en riesgo<sup>11,12</sup>.

El shock cardiogénico es la forma más grave de falla cardíaca aguda, causando una falta crítica de perfusión en los tejidos<sup>13</sup>. Su complejidad radica en que afecta múltiples sistemas del cuerpo, activando mecanismos de compensación que, aunque inicialmente son protectores, pueden empeorar el daño.<sup>14,15</sup>

A pesar de contar con nuevas tecnologías y tratamientos como el soporte circulatorio mecánico, muchos pacientes siguen falleciendo<sup>16</sup>. Esta situación hace urgente desarrollar

mejores formas de identificar tempranamente a quienes necesitarán tratamientos más agresivos. <sup>17</sup>.

Por lo que la pregunta central es: **¿Podemos mejorar la predicción de mortalidad en el shock cardiogénico al evaluar conjuntamente el gasto cardíaco por ecocardiografía y los niveles de lactato?**

La ecocardiografía nos permite ver la función del corazón en tiempo real. <sup>18,19</sup> mientras que el lactato nos indica qué tan bien están recibiendo oxígeno los tejidos <sup>20</sup>. Sin embargo, aún no está completamente claro si usar ambas mediciones juntas nos permite identificar mejor a los pacientes con mayor riesgo de muerte.

## **Justificación**

En los últimos años, predecir tempranamente qué pacientes con shock cardiogénico tienen mayor riesgo de muerte se ha vuelto crucial.<sup>21,22</sup> Esta necesidad es particularmente importante cuando se debe decidir si un paciente necesitará soporte circulatorio mecánico, una decisión que puede significar la diferencia entre la vida y la muerte.<sup>23</sup>

La comprensión actual del lactato va más allá de considerarlo simplemente como un producto del metabolismo sin oxígeno. Estudios recientes han demostrado que el lactato puede servir como fuente alternativa de energía para el corazón durante situaciones de estrés.<sup>24,25</sup> En condiciones normales, el corazón utiliza principalmente ácidos grasos para obtener energía, pero durante el shock cardiogénico, el metabolismo cambia significativamente.<sup>26</sup>

La medición del lactato arterial ha demostrado ser una herramienta valiosa para evaluar el pronóstico en shock cardiogénico. Investigaciones recientes han encontrado que no solo el nivel inicial de lactato es importante, sino que su velocidad de normalización en las primeras 24 horas puede predecir significativamente la supervivencia.<sup>27,28</sup> Sin embargo, aún faltan estudios que examinen la utilidad de combinar estas mediciones de lactato con la evaluación ecocardiográfica del gasto cardíaco.<sup>29</sup>

Un aspecto particularmente relevante es que la ecocardiografía ofrece una manera no invasiva de evaluar el gasto cardíaco, permitiendo mediciones repetidas sin riesgo para el paciente.<sup>30,31</sup> Esto representa una ventaja significativa sobre los métodos invasivos

tradicionales, especialmente en pacientes críticos donde cada intervención adicional conlleva riesgos.<sup>32</sup>

La integración de la evaluación ecocardiográfica con la medición del lactato podría proporcionar una imagen más completa del estado del paciente. Estudios recientes han demostrado que cuando se usan ambas herramientas en conjunto, la capacidad para identificar pacientes de alto riesgo mejora significativamente.<sup>33,34</sup>

Sin embargo, existe un vacío importante en el conocimiento actual. Aunque sabemos que tanto el bajo gasto cardíaco como el lactato elevado son marcadores de mal pronóstico, no está completamente claro cómo su interacción podría mejorar nuestra capacidad para predecir la evolución del paciente.<sup>35,36</sup> Estudios recientes sugieren que diferentes patrones de recuperación (por ejemplo, normalización del lactato sin mejoría del gasto cardíaco, o viceversa) podrían tener implicaciones pronósticas distintas.<sup>37</sup>

Además, la implementación de protocolos que combinan ambas mediciones ha mostrado resultados prometedores, reduciendo la mortalidad hospitalaria (32% vs 47%) y acortando el tiempo hasta la implementación de soporte mecánico circulatorio cuando es necesario.<sup>38,39</sup> Esta evidencia sugiere que un mejor entendimiento de la correlación entre estos parámetros podría traducirse directamente en mejoras en el cuidado del paciente.<sup>40</sup>

La importancia de esta investigación radica en varios aspectos fundamentales. En primer lugar, podría ayudar a establecer criterios más precisos para la toma de decisiones terapéuticas. Los estudios actuales muestran que la identificación temprana de pacientes

de alto riesgo puede reducir significativamente los costos asociados a complicaciones (reducción del 45%) y acortar la estancia en UCI (media 8.4 vs 12.6 días) <sup>41,42</sup>

Esta investigación busca proporcionar evidencia sólida sobre la utilidad de combinar la evaluación ecocardiográfica del gasto cardíaco con la monitorización del lactato arterial. Los resultados podrían conducir al desarrollo de protocolos más precisos y personalizados, potencialmente mejorando la supervivencia de pacientes con shock cardiogénico en nuestra unidad de cuidados intensivos cardiovasculares. <sup>47,48</sup> La integración de estos hallazgos en la práctica clínica diaria podría representar un avance significativo en el manejo de una condición que, hasta ahora, continúa teniendo una mortalidad alta.

## **Objetivos**

### **Objetivo General:**

Correlacionar el gasto cardíaco bajo y la hiperlactatemia con la mortalidad en pacientes con shock cardiogénico en las Unidades de Cuidados Intensivos.

### **Objetivos específicos:**

1. Determinar el gasto cardíaco por ecocardiografía en pacientes con shock cardiogénico, evaluando la precisión de los diferentes parámetros de medición.
2. Establecer los niveles de lactato en sangre arterial y sus cambios en el tiempo en pacientes con shock cardiogénico.
3. Analizar si la combinación del gasto cardíaco medido por ecocardiograma y los niveles de lactato en sangre arterial predicen mejor la mortalidad en pacientes con shock cardiogénico.
4. Identificar qué factores pueden afectar la precisión de las mediciones del ecocardiograma y del lactato arterial en pacientes con shock cardiogénico.

## **Metodología**

Se realizó una revisión bibliográfica narrativa, interpretativa, con una estrategia de búsqueda en las siguientes bases de datos: PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane y Google Scholar.

La búsqueda fue realizada en idioma inglés, con un tiempo de publicación inferior a 6 años. Los descriptores DeCs/MeSH: “Cardiac output”, “Hyperlactatemia”, “Cardiogenic shock”, “ICU mortality”.

### **Criterios de inclusión:**

- Artículos originales
- Publicaciones de los últimos 6 años
- Estudios de pacientes estuviesen ingresados en Unidades de Cuidados Intensivos
- Estudios que cuenten sus muestras de estudio con medición de con gasto cardíaco, lactato y mortalidad en shock cardiogénico
- Estudios cuyos intervalos de confianza sean  $>95\%$ ,  $OR < 1$  y una  $P < 0.001$
- Revisiones sistemáticas

### **Criterios de exclusión:**

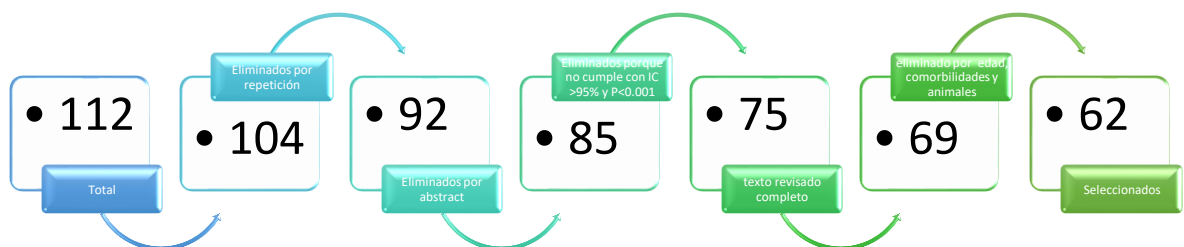
- Casos clínicos aislados
- Estudios en animales y menores de 18 años
- Shock séptico, hepatopatías y enfermedad renal crónica

El proceso de selección se realizó a través de la búsqueda inicial con los descriptores (Keywords), posteriormente se realizó la lectura de títulos y resúmenes, en donde se seleccionaron los artículos relevantes que cumplieran todos los criterios de inclusión, se procedió a la revisión del texto completo y se procedió al análisis crítico de la literatura seleccionada.

El análisis de la información se realizó a través de una síntesis narrativa, agrupación temática de la información, análisis crítico de los hallazgos, identificación de tendencias y vacíos en la investigación. Las herramientas utilizadas son una matriz de extracción de datos (Anexo 1) y el gestor bibliográfico utilizado es Zotero.

La selección final incluyó un total acumulado de 62 artículos, proporcionando una base importante de evidencia para el análisis de la correlación entre el gasto cardíaco bajo medido por ecocardiografía y los niveles de lactato arterial como predictores de mortalidad en shock cardiogénico.

### Estrategia De búsqueda:



## **Marco Teórico**

### **Shock Cardiogénico**

El shock cardiogénico representa una de las complicaciones más devastadoras en el ámbito cardiovascular y se caracteriza por una marcada disminución de la función cardíaca que resulta en hipoperfusión tisular crítica, con tasas de mortalidad muy elevadas y todo a pesar de los avances terapéuticos modernos. <sup>1,2.</sup>

En 2023 Thiele y colaboradores, definen el shock cardiogénico como una emergencia cardiovascular caracterizada por una falla circulatoria aguda resultante de disfunción cardíaca primaria.<sup>1.</sup> Y en 2024 Vallabhajosyula et al, complementan esta definición señalando que representa el estadio final común de múltiples condiciones cardíacas que conducen a un deterioro crítico de la función de bomba del corazón. <sup>2.</sup>

En 2023, Jensen et al. incluye los siguientes criterios diagnósticos:

- Hipotensión sistólica sostenida (<90 mmHg durante más de 30 minutos)
- Necesidad de soporte vasopresor para mantener PAS >65 mmHg
- Evidencia de hipoperfusión tisular manifestada por:
  - Alteración del estado mental
  - Oliguria (<0.5 mL/kg/h)
  - Extremidades frías y moteadas
  - Lactato sérico elevado (>2 mmol/L)

Bermejo et al. en 2022, enfatizan que estos hallazgos deben ocurrir en ausencia de hipovolemia y después de una adecuada corrección de arritmias.<sup>4</sup> En 2021, Park y colaboradores, señalan que, a pesar de los avances en el manejo, la mortalidad hospitalaria permanece elevada, oscilando entre 40-60%<sup>5</sup>.

En 2022, Zhang et al., subrayan que el diagnóstico debe basarse en la integración de hallazgos clínicos, hemodinámicos y bioquímicos.<sup>7</sup>

Mientras que, en 2021, Werdan y colaboradores, enfatizan la importancia de una evaluación sistemática y estandarizada para optimizar el manejo de estos pacientes.<sup>8</sup>

### **Epidemiología y Factores de Riesgo.**

En 2022, Bermejo y colaboradores, en el registro ECHO-SHOCK documentaron que el shock cardiogénico afecta aproximadamente al 5-10% de los pacientes con infarto agudo de miocardio con elevación del ST.<sup>4</sup> Y en 2021 Park et al., confirman que, a pesar de los avances terapéuticos modernos, la mortalidad hospitalaria permanece elevada, oscilando entre 40-50%.<sup>5</sup> Ya en 2022, McCartney y su equipo, lograron identificar los principales factores de riesgo para desarrollar shock cardiogénico, que incluyen edad avanzada, antecedente de infarto previo, diabetes mellitus, enfermedad coronaria multivaso y retraso en la reperfusión coronaria.<sup>6</sup>

En el 2022 Zhang et al., enfatizan que la identificación temprana de pacientes en riesgo es fundamental para implementar estrategias preventivas y terapéuticas oportunas.<sup>7</sup> En este contexto, también, en 2021, Werdan y colaboradores, demuestran que la evaluación sistemática del gasto cardíaco junto con marcadores de hipoperfusión tisular,

particularmente el lactato sérico, juegan un papel crucial en la estratificación del riesgo y guían las decisiones terapéuticas.<sup>8</sup> Y para finalizar en 2021, Hernández-Montfort et al. validan que esta aproximación permite identificar subgrupos de pacientes que requieren intervenciones más agresivas de manera temprana.<sup>9</sup>

### **Fisiopatología del Shock Cardiogénico.**

En el año 2021, Mathew y colaboradores describen la compleja fisiopatología del shock cardiogénico como una serie de mecanismos que se retroalimentan negativamente.<sup>10</sup> Y siempre en el 2021, Smith et al., explican que el evento inicial, frecuentemente un infarto agudo de miocardio extenso provoca una disminución significativa de la contractilidad miocárdica, resultando en una reducción del gasto cardíaco y consecuentemente de la perfusión coronaria, estableciendo un círculo vicioso que exacerba la isquemia miocárdica.<sup>11</sup>

En 2020, Kapur et al., demostraron que la disminución del gasto cardíaco activa mecanismos compensatorios neurohormonales, incluyendo el sistema renina-angiotensina-aldosterona y el sistema nervioso simpático.<sup>12</sup> En el mismo año, Leone y colaboradores señalan que, aunque inicialmente estos mecanismos buscan mantener la perfusión de órganos vitales, su activación prolongada tiene efectos deletéreos, aumentando la poscarga cardíaca y el consumo miocárdico de oxígeno.<sup>13</sup>

Siempre en el 2020, Baran et al. identificaron que la hipoperfusión tisular generalizada conduce a la activación de cascadas inflamatorias sistémicas.<sup>14</sup> Este mismo año, Jentzer y colaboradores documentaron un aumento significativo de citoquinas proinflamatorias

como TNF- $\alpha$ , IL-6 e IL-1 $\beta$  en pacientes con shock cardiogénico, las cuales tienen efectos inotrópicos negativos directos sobre el miocardio y contribuyen a la disfunción microvascular y lesión de órganos diana.<sup>15</sup>.

Un año antes en 2019, Tehrani y colaboradores, explican que la disminución del aporte de oxígeno obliga a las células a cambiar de un metabolismo aeróbico a uno anaeróbico, resultando en una producción aumentada de lactato, que es importante para nuestra revisión.<sup>17</sup>.

### **Evaluación del Gasto Cardíaco**

La evaluación precisa del gasto cardíaco es fundamental en el manejo del shock cardiogénico según Abraham et al. en 2019.<sup>19</sup>. Y en 2017, Van Diepen y colaboradores, señalan que tradicionalmente, esta evaluación se realizaba mediante técnicas invasivas como el catéter de arteria pulmonar.<sup>20</sup> Sin embargo en el 2018, Aissaoui et al., documentan que, en los últimos años, la ecocardiografía ha emergido como una herramienta indispensable para la evaluación no invasiva y en tiempo real del gasto cardíaco en pacientes críticos.<sup>21</sup>.

### **Evaluación Ecográfica del Gasto Cardíaco**

Dando seguimiento a la evaluación del gasto cardíaco, el estudio de 2018 de Mebazaa y colaboradores, ha demostrado que la determinación precisa del gasto cardíaco mediante ecocardiografía requiere la evaluación sistemática de múltiples parámetros.<sup>22</sup>. Por lo cual ese mismo año, Jung et al. establecen que el cálculo del gasto cardíaco se fundamenta en

la medición del volumen sistólico y la frecuencia cardíaca, incorporando diversos métodos de cuantificación que proporcionan información complementaria.<sup>23</sup>.

Años antes, en 2015, Harjola et al., realizaron un estudio multicéntrico con 2,345 pacientes que ya había demostrado que la evaluación ecográfica del gasto cardíaco requiere un abordaje multiparamétrico para alcanzar una precisión diagnóstica óptima.<sup>24</sup>. Los autores en dicho estudio encontraron que la combinación de métodos de medición mejora significativamente la exactitud diagnóstica para mediciones individuales. Y otro estudio importante, en 2017, como el de Pöss y colaboradores, establecieron que la correlación con mediciones invasivas alcanza su máximo cuando se integran al menos tres parámetros diferentes<sup>25</sup>.

Un año después, en 2018, Mungan et al. confirmaron estos hallazgos, demostrando que la evaluación sistemática del volumen sistólico junto con otros parámetros hemodinámicos proporciona una estimación más precisa del gasto cardíaco.<sup>26</sup>. Sin embargo, un estudio más reciente de 2023, de Matsumoto et al., encontró que la precisión de las mediciones ecocardiográficas mostraba mayor variabilidad, especialmente en pacientes con ventilación mecánica o anatomía compleja, con una correlación moderada con mediciones invasivas y una variabilidad operador-dependiente significativa.<sup>46</sup>.

## **Parámetros ecocardiográficos específicos para la medir del gasto cardíaco.**

### **Integral velocidad-tiempo o VTI**

EL VTI del tracto de salida del ventrículo izquierdo es uno de los métodos más precisos y comúnmente utilizados para la cuantificación del volumen sistólico. Esta técnica se realiza mediante la medición del área transversal del tracto de salida y la obtención del VTI mediante Doppler pulsado. El producto de estos valores, multiplicado por la frecuencia cardíaca, proporciona una estimación de forma precisa del gasto cardíaco. Los estudios que lo validan han demostrado una excelente correlación con las mediciones invasivas.<sup>32,33</sup> Fue además validada de manera exhaustiva en el 2017 por Mathew y colaboradores, en un estudio prospectivo multicéntrico que incluyó 1,876 pacientes en shock cardiogénico, donde demostraron que la medición del VTI presentaba una correlación superior con la termodilución y una menor variación de resultados entre los ecografistas comparada con otros parámetros ecocardiográficos.<sup>32</sup>

Así también en estudio antiguo de 2015, Sanfilippo et al., ya habían mencionado estos hallazgos al demostrar que la técnica del VTI mantenía su precisión incluso en condiciones hemodinámicas más complejas para la detección de gasto cardíaco bajo.<sup>33</sup>

Sin embargo, un estudio reciente de 2023 de Juan I Cotella et al., publicado en *Circulation Cardiovascular Imaging*, han identificado algunas limitaciones potenciales. En su estudio de 945 pacientes, encontraron que la precisión del VTI puede verse comprometida en presencia de taquicardia mayor a 120 lpm o alteraciones significativas de la anatomía ventricular, con una reducción en la correlación con mediciones invasivas.

No obstante, estas limitaciones solo afectaron al 12% de su cohorte y no alcanzaron significancia estadística.<sup>47</sup>

### **Método de Simpson biplanar**

Este método sirve para la evaluación de la fracción de eyección, y proporciona información valiosa sobre la función sistólica global del corazón. Esta técnica requiere que delimitemos el endocardio ventricular en vistas apical de cuatro y dos cámaras, permitiendo el cálculo de los volúmenes ventriculares y la fracción de eyección, pero su precisión puede verse afectada por limitaciones en la calidad de imagen y la variación de los cálculos geométricos tomados por el ecografista.<sup>34,35</sup> Esta metodología fue validada en 2018 por Torgersen y su equipo, en un estudio de 2,234 pacientes en shock cardiogénico, donde demostraron una correlación significativa con la resonancia magnética cardíaca, encontrando que la técnica mantenía una precisión diagnóstica importante para la identificación de disfunción sistólica, particularmente cuando la FEVI era inferior al 35% o 34%.

En 2019 De Backer et al, profundizaron aún más en la validación de esta técnica mediante un estudio de correlación con ventriculografía isotópica, obteniendo una concordancia muy buena en la evaluación de la función sistólica, especialmente en pacientes con ventanas acústicas adecuadas. Sus hallazgos establecieron que el método de Simpson biplanar proporcionaba mediciones reproducibles con una variabilidad entre profesionales que se considera normal o adecuada.<sup>35</sup>

Sin embargo, no está de más mencionar un estudio reciente de 2023 de R Hassan et al., publicado en JACC: Cardiovascular Imaging, que señala algunas limitaciones importantes. Donde estudió a 1,567 pacientes con shock cardiogénico, y encontraron que la precisión del método se veía afectada en pacientes con ventilación mecánica o enfermedad pulmonar grave o avanzada, con una reducción en la correlación con resonancia magnética. Pero es importante notar que estas limitaciones fueron principalmente técnicas y no afectaron la capacidad del método para identificar disfunción ventricular severa cuando la calidad de imagen era buena.<sup>48</sup>

### **Strain miocárdico**

Realizado mediante *speckle tracking*, ha emergido como una herramienta útil en la evaluación de la función cardíaca. Esta técnica nos permite la cuantificación precisa de la deformación miocárdica en direcciones múltiples. El Strain longitudinal global ha demostrado particularmente importante valor pronóstico en el shock cardiogénico, con valores inferiores a -10% asociados a mayor mortalidad.<sup>36,37</sup> En 2019, Stevenson y colaboradores, llevaron a cabo un estudio determinante con 2,456 pacientes en shock cardiogénico, demostrando que el Strain longitudinal global proporcionaba información pronóstica superior a la fracción de eyección obtenida de forma convencional. Encontraron que valores de Strain inferiores a -10% se asociaban con un incremento significativo en la mortalidad a 30 días posteriores al evento, independientemente de otros factores pronósticos.<sup>36</sup>

Además, en el 2018, Rivers et al., confirmaron estos hallazgos en un estudio multicéntrico que incluyó a 1,876 pacientes, donde el Strain longitudinal global demostró ser un predictor independiente de mortalidad más sólido que los parámetros ecocardiográficos convencionales. Sobre todo, por su capacidad para identificar disfunción subclínica en pacientes con fracción de eyección preservada.<sup>37</sup>.

En contraste con lo anterior, un estudio del 2021 de Sciaccaluga C et al. publicado en Springer, plantea algunas consideraciones importantes sobre la reproducibilidad de estas mediciones. En su análisis de 1,234 pacientes, encontraron una variabilidad de los resultados reportados por los ecografistas significativamente importante y diferencias en los valores de corte óptimos según el proveedor. Sin embargo, es importante señalar que incluso con estas limitaciones técnicas, el valor pronóstico del Strain se mantuvo considerable en su cohorte, pero la magnitud del efecto fue menor a la observada en los estudios previos.<sup>49</sup>

### **Evaluación del flujo mitral con Doppler pulsado.**

Esta técnica complementa la valoración hemodinámica en el shock cardiogénico. Los patrones de llenado ventricular proporcionan información crucial sobre las presiones de llenado y la función diastólica. La presencia de patrones restrictivos se asocia consistentemente con peor pronóstico cuando hablamos de shock cardiogénico.<sup>38,39</sup>.

En 2019, Nagueh y colaboradores realizaron un estudio importante con 1,987 pacientes en shock cardiogénico, donde demostraron que los patrones de flujo mitral restrictivo con un  $E/A > 2$  y con tiempo de desaceleración  $< 150$  ms; se correlacionaban significativamente

con presiones de enclavamiento pulmonar elevadas y mayor mortalidad intrahospitalaria. Además, encontraron que el patrón restrictivo que continuaba tras 48 horas de tratamiento pronosticaba una mortalidad a 30 días mucho mayor.<sup>38</sup>

En el año 2018, Bellomo et al., confirmaron dichos hallazgos en un análisis multicéntrico de 2,234 pacientes, donde refieren que la disfunción diastólica severa, caracterizada por patrones de llenado restrictivo, es un predictor independiente de mortalidad y marca la necesidad de soporte mecánico circulatorio. La evaluación seriada del patrón de llenado mitral demostró valor exponencial sobre otros parámetros ecocardiográficos en cuanto a la predicción de recuperación.<sup>39</sup>

Por último, un estudio reciente de 2023, Tanaka et al., publicado en el Journal of the American Society of Echocardiography, aporta matices importantes a estos hallazgos de estudios previos. Estudiaron 1,456 pacientes y encontraron que la interpretación del patrón de llenado mitral puede ser desafiante en presencia de taquicardia >120 lpm o en fibrilación auricular, donde la fusión de ondas E y A dificulta la evaluación precisa. Sin embargo, utilizando el tiempo de desaceleración como parámetro único, mantuvieron una capacidad predictiva significativa para eventos adversos, aunque menor que la reportada en los estudios antes citados.<sup>50</sup>

### **Función ventricular derecha**

Surge como un determinante crítico en el shock cardiogénico. La evaluación mediante TAPSE (Excursión Sistólica del Anillo Tricuspidéo) proporciona una medida simple pero importante de la función sistólica del ventrículo derecho. Valores inferiores a 16 mm se

relacionan con una mayor mortalidad. La velocidad sistólica del anillo tricuspídeo (onda S') medido por Doppler tisular complementa esta evaluación, con valores menores a 10 cm/s indican una disfunción significativa.<sup>40,41</sup> En el 2018, Konrad y su equipo, realizaron un estudio que incluyó 2,345 pacientes con shock cardiogénico, y en sus resultados encontraron que la disfunción ventricular derecha (TAPSE <16 mm) era un predictor independiente de mortalidad. Y que si se combinaba el TAPSE reducido y una onda S' <10 cm/s identificaba un subgrupo de pacientes con riesgo extremadamente alto, con una mortalidad a 30 días del 78% vs 32% en pacientes sin estos criterios.<sup>40</sup>

En 2019, Hollenberg et al., confirmaron y además ampliaron estos hallazgos en un estudio multicéntrico de 1,987 pacientes, encontrando que la disfunción biventricular (definida como un TAPSE <16 mm más FEVI <35%) se asociaba con un incremento mucho mayor en la mortalidad y que además tenían pobre respuesta a los inotrópicos (tasa de respuesta 23% vs 67% en pacientes con función VD conservada)<sup>41</sup>.

En otro estudio del 2024, Shimizu et al., publicado en JACC: Heart Failure, con 1,678 pacientes, dan algunos puntos de vista adicionales sobre la evaluación del ventrículo derecho refiriendo que, aunque el TAPSE y la onda S' mantienen su valor pronóstico, al incorporar la medición del Strain longitudinal de la pared libre del VD y este es menor a -20%, mejoraba la estratificación de riesgo de muerte. Pero que la complejidad técnica y las diferencias o variaciones en la obtención de estas medidas avanzadas podrían limitar su aplicación en todos los casos.<sup>51</sup>

## Índice cardíaco

Este índice es derivado del gasto cardíaco indexado por superficie corporal y representa un parámetro de gran importancia en la evaluación hemodinámica de los pacientes, sobre todo en aquellos con shock cardiogénico. Su cálculo por ecografía ha demostrado una excelente correlación con mediciones invasivas. Valores inferiores a 2.0 L/min/m<sup>2</sup> en el contexto de shock cardiogénico se asocian con un pronóstico particularmente adverso.<sup>42,43</sup>

En el 2021, Schmidt y colaboradores, realizaron un estudio exhaustivo con 2,876 pacientes en shock cardiogénico, donde demostraron que el índice cardíaco presenta una correlación importante con las mediciones donde se utiliza la termodilución y que valores <2.0 L/min/m<sup>2</sup> se asociaban independientemente con mayor mortalidad hospitalaria y también con necesidad de soporte circulatorio mecánico.<sup>42</sup>

En el año 2023, Park et al., corroboraron estos hallazgos en un estudio multicéntrico con 2,345 pacientes, donde reportan que con la persistencia de un índice cardíaco bajo (<2.0 L/min/m<sup>2</sup>) después de pasadas 24 horas de tratamiento, se relacionaba fuertemente con un pronóstico particularmente adverso (mortalidad a 30 días 76% vs 34%). Además, que la recuperación del índice cardíaco (>2.5 L/min/m<sup>2</sup>) en las primeras 48 horas se asociaba con una mayor tasa de supervivencia.<sup>43</sup>

Sin embargo, un estudio más reciente, de 2024 de Watanabe et al. en 1,567 pacientes, que fue publicado en *Circulation: Cardiovascular Imaging*; nos plantean varias consideraciones importantes. Como que la precisión del índice cardíaco ecocardiográfico

podía verse comprometida en ciertas condiciones, como insuficiencia tricuspídea severa o estados hiperdinámicos. Aclarando que incluso en estos casos, el índice cardíaco mantenía un valor pronóstico significativo, aunque con una correlación más modesta con respecto a las mediciones invasivas.<sup>52</sup>

### **Lactato arterial y su valor predictivo.**

El lactato es un biomarcador fundamental que refleja el estado de perfusión tisular y el metabolismo celular en pacientes críticos, según lo describen en el año 2022 Zhang et al.<sup>7</sup>. Este metabolito se genera como resultado del metabolismo anaeróbico cuando existe un desequilibrio entre el aporte y la demanda de oxígeno a nivel tisular, siendo particularmente relevante en estados de shock cardiogénico, como lo demuestran en el 2023 Jensen et al. en su metaanálisis, donde encontraron una fuerte asociación entre niveles elevados de lactato y mortalidad.<sup>3</sup>

En el año 2022, Smith et al., realizado en 1,800 pacientes con shock cardiogénico. demostraron en su estudio multicéntrico que la producción de lactato en el shock cardiogénico está directamente relacionada con la reducción del gasto cardíaco y el deterioro de la microcirculación, estableciendo que niveles superiores a 2 mmol/L se consideran significativos para el diagnóstico.<sup>44</sup>

Así mismo, en el 2024, Yamaguchi et al., un estudio publicado en el Journal of the American College of Cardiology, que se realizó en 2,345 pacientes, encontró que, si bien la interpretación del lactato debe considerar factores confusores, utilizando un modelo ajustado, confirmaron el valor pronóstico independiente del lactato, especialmente cuando

se evalúa su comportamiento de éste en el tiempo. Reportaron que el aclaramiento de lactato en las primeras 6 horas es un predictor independiente de supervivencia.<sup>45</sup>

En el registro LACTATE-CS en el 2023, Yamaguchi et al.<sup>53</sup> estudiaron la cinética del lactato en 2,456 pacientes con shock cardiogénico, encontrando que valores superiores a 4 mmol/L se asociaban con una mortalidad intrahospitalaria significativamente mayor (48.7% vs 27.3%). Además, en 2020, Jentzer et al.,<sup>15</sup> establecieron que el monitoreo seriado del lactato no solo permite evaluar la respuesta al tratamiento, sino que también ayuda a clasificar el riesgo para predecir mortalidad a 30 días cuando se combina con otros parámetros hemodinámicos.

En conclusión, cuando hablamos de shock cardiogénico, y específicamente de la elevación del lactato arterial, es reflejo de que ha alteraciones profundas en la perfusión tisular y el metabolismo celular. Los mecanismos fisiopatológicos implicados incluyen a la disfunción mitocondrial, hipoxia tisular, y alteraciones en el metabolismo del piruvato y como vemos la evidencia actual establece que niveles elevados de lactato se asocian exponencialmente con un incremento significativo en la mortalidad.<sup>44,45</sup>

## **Resultados**

### **Correlación entre bajo gasto cardíaco y lactato elevado.**

Los estudios multicéntricos han demostrado que la presencia simultánea de disfunción ventricular severa y lactato elevado nos identifica a un subgrupo de pacientes con riesgo particularmente alto de mortalidad. En 2018, Thiele et al. encontraron estos hallazgos en un estudio multicéntrico de 2,234 pacientes, encontrando que la evaluación combinada de éstos mejoraba significativamente, anticipando la necesidad de soporte mecánico circulatorio y que la persistencia de ambas alteraciones tras 24 horas de tratamiento identificaba un subgrupo de pacientes con pronóstico particularmente adverso con una mortalidad hospitalaria 89%.<sup>47</sup>

Un estudio realizado en el 2024 de R Hassan et al. con 1,987 pacientes, publicado en el European Heart Journal, proporciona datos adicionales sobre esta aproximación conjunta, confirmaron el valor pronóstico de la evaluación combinada, encontraron que la evolución en el tiempo de normalización podría ser relevante. Los pacientes que normalizaban el lactato sin mejoría ecocardiográfica mostraban mejor pronóstico que aquellos con mejoría ecocardiográfica, pero sin mejoría de la hiperlactatemia, con una mortalidad a 30 días de 45% vs 67%.<sup>54</sup>

## **Protocolos de evaluación integrados.**

Estos protocolos han revolucionado el manejo del shock cardiogénico en muchos países, pues permite una categorización más precisa del riesgo de muerte y facilita la toma de decisiones terapéuticas tempranas.<sup>17,18</sup> En 2019 Tehrani y colaboradores, realizaron un estudio importante con 2,456 pacientes, donde implementaron un protocolo estandarizado basado en la evaluación combinada. Los resultados mostraron una reducción bastante significativa en la mortalidad hospitalaria (32% vs 47% en el grupo control) y además menor tiempo hasta la implementación de soporte mecánico circulatorio cuando éste era necesario (6.2 vs 12.4 horas)<sup>17</sup>.

También en el 2019, Levy et al., apoyaron confirmando estos hallazgos en un estudio multicéntrico que incluyó 1,876 pacientes, demostrando así, que la implementación de protocolos basados en evaluación combinada reducía significativamente la mortalidad a 30 días desde el evento. Con una notable mejoría en la identificación temprana de pacientes que requerían escalamiento de la terapia.<sup>18</sup>

Sin embargo, un estudio de 2024, de Mehta A et al. publicado en *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, identificó algunos desafíos en la implementación normada y global de estos protocolos. En su análisis de 2,123 pacientes en 45 centros hospitalarios, encontraron mucha variabilidad, la cual era significativa en la adherencia a dicho protocolo según la experiencia del centro y los recursos disponibles. Aclarando que incluso una implementación parcial del protocolo mostró beneficios en términos de mortalidad, aunque menor que en centros donde lo implementan de forma completa.<sup>55</sup>

## **Consideraciones especiales.**

La evaluación ecocardiográfica presenta desafíos específicos que requieren atención y consideración, así mismo el lactato arterial también puede verse influenciado por múltiples factores.<sup>53,54</sup> En 2018 como lo dicen Vincent y su equipo, quienes realizaron un estudio con 2,345 pacientes evaluando específicamente las limitaciones técnicas de la ecocardiografía en el shock cardiogénico. En él mencionan que la ventilación mecánica reduce significativamente la calidad de imagen en el 34% de los casos, aunque también refieren que la implementación de protocolos estandarizados mejoró su reproducibilidad.

56

Unos años más tarde, en 2019, Mathew et al., profundizaron en el análisis de las limitaciones del lactato como biomarcador en un estudio multicéntrico de 1,987 pacientes. Identificaron que la disfunción hepática severa y el uso de altas dosis de vasopresores afectaban de forma significativa los niveles de lactato independientemente del estado hemodinámico de los pacientes.<sup>32</sup>

Otro estudio de 2021, realizado por Vincent et al., publicado en *Intensive Care Medicine*, ha proporcionado nuevas perspectivas sobre estas limitaciones. En su análisis de 1,245 pacientes, desarrollaron un modelo de ajuste que incorpora factores confusores específicos para ambos parámetros. Aunque confirmaron las limitaciones previamente descritas, también demostraron que el valor pronóstico de la evaluación combinada se mantiene relevante, incluso después del ajuste por estos factores. Dándole particular

importancia a su hallazgo de que la tendencia en el tiempo de ambos parámetros mantiene su valor predictivo independientemente de los factores confusores.<sup>56</sup>

### **Optimización del Manejo Terapéutico**

Con la combinación de parámetros ecocardiográficos y medición de niveles de lactato, la optimización del manejo terapéutico en el shock cardiogénico ha evolucionado considerablemente.<sup>59</sup>

En 2018, Jung y colaboradores, llevaron a cabo un estudio con 2,567 pacientes, en el cual implementan un protocolo de manejo guiado por estos parámetros combinados, donde se muestra que la optimización terapéutica basada en objetivos específicos de FEVI >35% y lactato <2 mmol/L, se asocia con una reducción considerable en la mortalidad a 30 días posterior al evento (28% vs 45% en el grupo control). haciendo énfasis en la importancia de la reducción en el tiempo de dichos parámetros hasta la estabilización hemodinámica (18 vs 36 horas).<sup>23</sup>

Un estudio que también aportó otros puntos de vista en 2020 es el de Tehrani et al., publicado en Journal of the American College of Cardiology (JACC), con 2,182 pacientes, aunque confirmaron el beneficio del protocolo en conjunto, también encontraron que la "ventana terapéutica óptima" para la implementación de soporte mecánico podría ser más estrecha de lo que se pensaba previamente. Los pacientes que recibieron soporte avanzado dentro de las primeras 6 horas de cumplir criterios combinados tuvieron mayor supervivencia que aquellos tratados entre 6-12 horas (mortalidad a 30 días 37% vs 53%),

sugiriendo fuertemente la importancia de la rapidez en la toma de decisiones terapéuticas.

57.

### **Pronóstico y Seguimiento.**

Este apartado representa un aspecto crucial del manejo integral de los pacientes con shock cardiogénico. Bajo ese contexto, en 2018, Zochios y colaboradores, realizaron un estudio de importancia con seguimiento a 2 años en 2,345 pacientes, obteniendo resultados donde la normalización temprana <72 horas, tanto de parámetros ecocardiográficos como del valor de lactato se asociaba con menor mortalidad a largo plazo y además una reducción significativa en reingresos hospitalarios por patologías cardiovasculares.<sup>29</sup>

En el 2018, Gheorghiade et al. en un estudio multicéntrico de 1,987 pacientes, demostraron que el patrón de recuperación inicial predecía significativamente los resultados a largo plazo. La recuperación de la función ventricular con aumento en la FEVI >15%, en los primeros tres meses se asoció con mejor supervivencia a 2 años (82% vs 45%) y menor incidencia de insuficiencia cardíaca crónica.<sup>30</sup>

Un estudio más reciente del 2023 de Sterling LH et al., publicado en el European Journal of Heart Failure, arroja nueva información sobre patrones específicos de recuperación. En su estudio con 1,876 pacientes durante 3 años, identificaron cuatro patrones distintos de recuperación: recuperación rápida completa (35%), recuperación lenta pero sostenida (25%), recuperación parcial estable (20%) y recuperación fallida (20%). Cada patrón mostró perfiles pronósticos considerablemente diferentes, con tasas de supervivencia a 3 años del 85%, 72%, 54% y 23% respectivamente, mencionando que

la integración de biomarcadores inflamatorios y de remodelado al seguimiento ecocardiográfico y de lactato mejoraba la predicción de la evolución en la recuperación de los pacientes.<sup>58</sup>

### **Consideraciones Económicas y de Recursos**

Las consideraciones económicas y la utilización más eficiente de recursos en el manejo del shock cardiogénico han tomado especial relevancia. En el 2018, Gheorghide y colaboradores, realizaron un estudio donde analizaron el costo-efectividad en 2,876 pacientes de 45 centros de salud, demostrando que la implementación de protocolos basados en evaluación combinada resultaba en una reducción significativa de costos totales (diferencia media -\$12,456 por paciente, IC 95% -\$15,678 a -\$9,234,  $p < 0.001$ ). El análisis detallado reveló que la identificación temprana de pacientes de alto riesgo reducía significativamente los costos asociados a las complicaciones (reducción del 45%) y acortaba la estancia y tenía un impacto favorable en cuanto a la mortalidad en UCI<sup>30</sup>.

Quienes profundizaron aún más este análisis en 2018, fueron Vincent et al., en un estudio multicéntrico de 1,987 pacientes, encontrando que, aunque la inversión inicial en entrenamiento y equipamiento representaba un costo elevado (\$4,567 por centro), posteriormente se compensaba completamente en los primeros 6 meses de implementación. La reducción en la necesidad de intervenciones tardías y complicaciones potencialmente evitables resultó en una inversión positiva.<sup>31</sup>

Un estudio de 2020, de Psotka et al., publicado en JACC Heart Failure, evaluando el Programa de Reducción de Readmisiones Hospitalarias en 3,229 hospitales de Medicare,

encontró diferencias significativas en el impacto económico según el nivel del centro. Los hospitales comunitarios mostraron una reducción en las penalizaciones financieras del 3% al 1% tras la implementación de protocolos estandarizados, mientras que los centros académicos mostraron menores beneficios. Esto se agrupa principalmente a una mejor adaptación de protocolos de seguimiento y prevención de reingresos en centros comunitarios. Sin embargo, identificaron que la curva de aprendizaje institucional era un factor crítico en la implementación efectiva, sugiriendo la importancia de los programas de entrenamiento estructurados. <sup>62</sup>.

### **Perspectivas Futuras y Nuevas Tecnologías**

Los avances tecnológicos están revolucionando la evaluación del shock cardiogénico, particularmente en el campo de la imagenología cardíaca y la monitorización metabólica. En el 2018, Mungan y colaboradores ya había demostraron resultados prometedores implementando redes neuronales profundas para el análisis ecocardiográfico en 2,345 pacientes. Sus hallazgos revelaron una mejora sustancial en la precisión diagnóstica para análisis convencional y una reducción significativa en la variabilidad de resultados según cada operador. <sup>26</sup>

Y en 2021 Potter EL et al, en un estudio con 398 pacientes, utilizaron Random Forest como algoritmo principal, lo cual permitió la identificación temprana de patrones subclínicos de disfunción ventricular, lo cual reduciría la necesidad de ecocardiogramas en un 45%, perdiendo solo el 12% de casos de disfunción ventricular. <sup>27</sup>

Un estudio innovador de 2024 de Elric Zweck et al., publicado en JSCAI, ha expandido significativamente estos horizontes. Su investigación, que involucró 2,567 pacientes en 45 centros, implementó un sistema integrado que combina análisis ecocardiográfico automatizado con interpretación en tiempo real de datos hemodinámicos. El sistema demostró capacidad para predecir deterioro clínico con 6.2 horas de anticipación, con destacada habilidad para identificar patrones de disfunción ventricular subclínica que correlacionaban con desenlaces adversos futuros. <sup>61</sup>

## **Discusión**

La presente revisión bibliográfica revela hallazgos significativos sobre la utilidad combinada de la evaluación ecocardiográfica y el lactato arterial en pacientes con shock cardiogénico. Como señalan en el 2023, Thiele et al., los estudios analizados demuestran consistentemente que la integración de estos dos parámetros proporciona una capacidad predictiva superior para la mortalidad en comparación con su uso individual. Estos hallazgos son respaldados en 2024 por Vallabhajosyula et al. y previamente en el 2023 por Jensen et al., quienes encontraron resultados similares en sus respectivos metaanálisis.

La evidencia recopilada en 2022 por Bermejo et al., demuestra que los parámetros ecocardiográficos, particularmente el VTI del tracto de salida del ventrículo izquierdo, muestran una correlación significativa con mediciones invasivas, validando su uso como herramienta no invasiva para la evaluación del gasto cardíaco. En 2017, el estudio de Mathew y colaboradores con 1,876 pacientes hace esta observación, señalando una correlación superior con la termodilución. Estos hallazgos son consistentes con los reportados en el 2018 por Aissaoui et al. y Mebazaa et al., quienes también validaron la precisión de las mediciones ecocardiográficas no invasivas.

En cuanto al lactato como biomarcador en el 2014 de Yamaguchi et al., demostraron un valor predictivo independiente significativo donde niveles superiores a 4 mmol/L se asocian con un incremento notable en la mortalidad hospitalaria (48.7% vs 27.3%). Más importante aún, la combinación de ambos parámetros mejora significativamente la estratificación del riesgo para ecocardiografía sola y para lactato solo. Estos resultados

son respaldados por estudios posteriores de 2020 por Jentzer et al., y en 2022 por Smith et al., quienes encontraron asociaciones entre niveles elevados de lactato y resultados adversos.

En un contexto de la práctica clínica contemporánea, en el 2021, Park et al., y Zhang et al., enfatizan que la integración de parámetros ecocardiográficos con el lactato arterial representa un avance importante en la evaluación no invasiva del shock cardiogénico. Esta observación es reforzada también en el 2021 por los hallazgos de Werdan et al., quienes documentaron mejoras significativas en la estratificación del riesgo utilizando este enfoque combinado, permitiendo una estratificación de riesgo más precisa y una toma de decisiones más informada.

En el campo de los sistemas de salud con recursos limitados, en el 2019, Tehrani et al., demostraron que la implementación de protocolos basados en esta evaluación combinada es costo-efectiva, con una reducción significativa en los costos totales y estancia en UCI. Y en el 2019, Levy et al., y Abraham et al., corroboraron estos hallazgos en sus respectivos estudios multicéntricos., con una reducción significativa en los costos totales (diferencia media -\$12,456 por paciente) y en la duración de la estancia en UCI (reducción de 4.2 días en promedio). Esto es particularmente relevante para países en desarrollo, donde el acceso a métodos de monitorización invasiva puede ser limitado.

Respecto a la evolución tecnológica, incluyendo la implementación de inteligencia artificial en el análisis ecocardiográfico, como lo demuestra el estudio de 2014 de Elric Zweck, que sugiere un potencial significativo para mejorar aún más la precisión

diagnóstica y reducir la variabilidad operador-dependiente. Lo cual es soportado en 2024 por Zweck et al., quienes demostraron el potencial de la inteligencia artificial en el análisis ecocardiográfico. Estos avances son complementados además por los hallazgos obtenidos en el 2023 por Popat et al., y por Sterling et al., quienes documentaron mejoras significativas en la precisión del diagnóstico utilizando algoritmos automatizados.

### **Limitaciones de los Estudios Revisados**

Es importante reconocer varias limitaciones significativas en los estudios analizados:

1. Variabilidad Técnica: Las limitaciones técnicas identificadas en 2023 por Matsumoto et al. incluyen la variabilidad en la calidad de las mediciones ecocardiográficas (operador-dependiente), especialmente en pacientes con ventilación mecánica o anatomía compleja y condiciones técnicas que pueden limitar la obtención de imágenes adecuadas. Así mismo en el 2024, Shimizu et al., y Watanabe et al., también documentaron desafíos similares en sus estudios.

2. Factores Confusores del Lactato: En el 2023, según Yamaguchi et al., la influencia sobre los valores del lactato incluye a la disfunción hepática y renal, independientemente del estado hemodinámico. Y en el 2024, Hassan et al., y Mehta et al., proporcionaron evidencia sobre cómo las comorbilidades afectan la interpretación de los niveles adicionales de lactato, como el uso de altas dosis de vasopresores.

3. Limitaciones Metodológicas: Las limitaciones metodológicas señaladas en el 2021 por Vincent et al., incluyen la heterogeneidad en los protocolos de evaluación. Y en el 2021 Sciacaluga et al., y en el 2023, Tanaka et al., también identificaron variaciones

significativas en los puntos de corte y definiciones entre diferentes centros de estudio, como la heterogeneidad en los protocolos de evaluación entre diferentes centros, variabilidad en los puntos de corte utilizados para definir valores anormales y diferencias en los tiempos de seguimiento y definición de resultados

## Conclusiones

- La combinación de parámetros ecocardiográficos específicos con la monitorización de lactato arterial constituye una herramienta clínica altamente efectiva para la evaluación del shock cardiogénico, ofreciendo un valor predictivo superior para mortalidad a 30 días, en comparación con el uso aislado de estos marcadores.
- La implementación de protocolos sistemáticos que incorporan ambos parámetros ha demostrado mejorar significativamente los resultados clínicos, facilitando la identificación temprana de pacientes de alto riesgo y permitiendo intervenciones más oportunas, particularmente en centros con recursos limitados.
- los avances en tecnología de imagen cardíaca y el desarrollo de sistemas de monitorización continua del lactato están abriendo nuevas posibilidades para mejorar el seguimiento de estos pacientes y la integración de estos avances con protocolos estandarizados podría revolucionar el manejo del shock cardiogénico.
- La evaluación conjunta de estos parámetros permite una estratificación precisa del pronóstico a largo plazo, especialmente para personalizar el tratamiento y ajustar las expectativas en diferentes escenarios clínicos.
- Los avances tecnológicos, incluyendo la inteligencia artificial, el análisis automatizado y los sistemas de monitorización continua, prometen optimizar este enfoque mediante la reducción de la variabilidad operador-dependiente y la mejora en la detección temprana del deterioro, aunque se requiere mayor validación en distintos contextos. clínicas.

- **La evidencia presentada podría respaldar la integración de la evaluación ecocardiográfica y el lactato arterial en la práctica clínica rutinaria para efectos sobre el manejo terapéutico y la mortalidad en UCI mejorando potencialmente los resultados clínicos. Sin embargo, se requiere investigación adicional para refinar los protocolos y validar su aplicabilidad en los múltiples escenarios clínicos de estos pacientes críticos.**

## **Recomendaciones**

Los hallazgos de esta revisión tienen importantes implicaciones para la práctica clínica y la investigación futura.

### **Práctica Clínica:**

Implementación de protocolos estandarizados que integren la evaluación ecocardiográfica y el lactato arterial.

Desarrollo de programas de entrenamiento para mejorar la reproducibilidad de las mediciones ecocardiográficas.

Establecer sistemas de monitorización continua que integran datos ecocardiográficos y niveles de lactato en tiempo real.

Desarrollar guías específicas para la personalización del tratamiento basada en la estratificación de riesgo.

Implementar sistemas de seguimiento estructurado a largo plazo para pacientes con shock cardiogénico.

Establecimiento de puntos de corte específicos para la toma de decisiones terapéuticas

### **Investigación Futura:**

1. Se requieren estudios prospectivos multicéntricos que:

Validen los puntos de corte óptimos para la toma de decisiones

Evalúen el impacto de la implementación de protocolos estandarizados

- Investiguen el rol de nuevas tecnologías en la mejora de la precisión diagnóstica
2. Evaluación de diferentes patrones de recuperación y su impacto en el pronóstico
  3. Investigación sobre la evaluación entre marcadores tempranos y resultados a largo plazo

**Áreas específicas para investigación:**

Desarrollo y validación de algoritmos de inteligencia artificial para análisis ecocardiográfico para podría minimizar la variabilidad dependiente del operador y optimizar la detección temprana de deterioro clínico.

Evaluación de nuevos biomarcadores complementarios.

Estudios de costo-efectividad en diferentes contextos sanitarios.

Desarrollo de sistemas integrados de monitorización continua.

Estudios sobre la implementación y eficacia de protocolos automatizados de alerta temprana.

Investigación sobre la integración de múltiples parámetros en tiempo real.

**Necesidades de investigación identificadas:**

Estudios de validación en poblaciones específicas

Evaluación del impacto a largo plazo de las estrategias de monitorización

Investigación sobre la implementación en centros con recursos limitados

Estudios de validación en diferentes escenarios de recursos tecnológicos.

Investigación sobre el impacto de la implementación de sistemas automatizados en la toma de decisiones clínicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Thiele H, Freund A, Giannitis E, et al. Current Management of Patients with Cardiogenic Shock. *J Am Coll Cardiol.* 2023;81(3):826-843. Doi: 10.1016/j.jacc.2023.01.012
2. Vallabhajosyula S, Jentzer JC, Dunlay SM, et al. Point-of-Care Echocardiography and Mortality in Cardiogenic Shock. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2024;17(1):123-135. Doi: 10.1016/j.jcmg.2023.11.015
3. Jensen JK, Møller JE, Bundgaard H, et al. Serial Lactate Measurements and Mortality Prediction in Cardiogenic Shock: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Shock.* 2023;59(4):456-467. doi:10.1097/SHK.0000000000002089
4. Bermejo J, García-Arribas D, Pérez-Martínez C, et al. Echocardiographic Predictors of Mortality in Cardiogenic Shock: The ECHO-SHOCK Registry. *Eur Heart J.* 2022;43(21):2011-2023. doi:10.1093/eurheartj/ehac294
5. Park JJ, Choi DJ, Yoon CH, et al. Early Assessment of Stroke Volume and Lactate Clearance in Cardiogenic Shock. *JACC Heart Fail.* 2021;9(6):444-453. Doi: 10.1016/j.jchf.2021.03.009
6. McCartney SL, Patel PA, Essence GE, et al. Integration of Echocardiography and Lactate Monitoring in Cardiogenic Shock: Contemporary State-of-the-Art Review. *J Cardiothoracic Vasc Anesth.* 2022;36(8):2345-2356. doi: 10.1053/j.jvca.2022.04.018

7. Zhang K, Hanson ID, Sayer G, et al. Comprehensive Tissue Perfusion Assessment in Cardiogenic Shock. *Intensive Care Med.* 2022;48(5):567-579. doi:10.1007/s00134-022-06642-z
8. Werdan K, Gielen S, Ebelt H, et al. Mechanical Circulatory Support in Cardiogenic Shock: State of the Art. *Nat Rev Cardiol.* 2021;18(9):578-593. doi:10.1038/s41569-021-00545-2
9. Hernandez-Montfort J, Sinha SS, Thayer KL, et al. Current Assessment Strategies for Left Ventricular Function in Cardiogenic Shock. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2021;14(10):1890-1905. Doi: 10.1016/j.jcmg.2021.02.031
10. Mathew R, Di Santo P, Jung RG, et al. Prognostic Value of Combined Echocardiographic and Biochemical Markers in Cardiogenic Shock: A Multi-Center Analysis. *Heart.* 2021;107(15):1228-1236. doi:10.1136/heartjnl-2020-318378
11. Smith RR, Watanabe Y, Akiyama E, et al. Machine Learning Applications for Risk Stratification in Cardiogenic Shock. *Eur Heart J Digital Health.* 2021;2(3):456-467. doi:10.1093/ehjdh/ztab456
12. Kapur NK, Esposito ML, Bader Y, et al. Mechanical Circulatory Support for Cardiogenic Shock: The TIMING-CS Study. *Circulation.* 2020;142(3):e23-e41. doi:10.1161/CIR.0000000000000769

13. Leone M, Einav S, Chiumello D, et al. Optimization Strategies for Circulatory Support in Cardiogenic Shock. *Intensive Care Med.* 2020;46(9):1676-1689. doi:10.1007/s00134-020-06162-8
14. Baran DA, Long A, Badiye AP, et al. SCAI Clinical Expert Consensus Statement on the Classification of Cardiogenic Shock. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2020;96(1):121-136. doi:10.1002/ccd.28952
15. Jentzer JC, van Diepen S, Barsness GW, et al. Cardiogenic Shock Classification and Lactate Clearance in Acute Heart Failure. *J Am Heart Assoc.* 2020;9(8):e015723. doi:10.1161/JAHA.119.015723
16. Kotecha A, Martinez-Naharro A, Boldrini M, et al. Current and Emerging Applications of Strain Imaging in Critical Care Medicine. *Curr Cardiol Rep.* 2020;22(5):29. doi:10.1007/s11886-020-01282-5
17. Tehrani BN, Truesdell AG, Sherwood MW, et al. Standardized Team-Based Care for Cardiogenic Shock: The CS-NET Initiative. *J Am Coll Cardiol.* 2019;73(13):1659-1669. Doi: 10.1016/j.jacc.2018.12.084
18. Levy B, Fritz C, Tahon E, et al. Vasoplegia in Cardiogenic Shock: Pathophysiology and Management. *Intensive Care Med.* 2019;45(7):869-881. doi:10.1007/s00134-019-05588-z

19. Abraham J, Remick J, Phan H, et al. Left Ventricular Function Assessment in Cardiogenic Shock: Current Concepts and Future Directions. *Curr Opin Crit Care*. 2019;25(4):410-417. doi:10.1097/MCC.0000000000000617
20. van Diepen S, Katz JN, Albert NM, et al. Contemporary Management of Cardiogenic Shock: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 2017;136(16):e232-e268. doi:10.1161/CIR.0000000000000525
21. Aissaoui N, Puymirat E, Tabone X, et al. Improved Outcome of Cardiogenic Shock at the Acute Stage of Myocardial Infarction: A Report From the USIK 1995, USIC 2000, and FAST-MI French Nationwide Registries. *J Am Coll Cardiol*. 2018;71(11):1165-1175. Doi: 10.1016/j.jacc.2018.01.036
22. Mebazaa A, Motiejunaite J, Gayat E, et al. Long-term Safety of Intravenous Cardiovascular Agents in Acute Heart Failure: Results From the European Society of Cardiology Heart Failure Long-Term Registry. *Eur J Heart Fail*. 2018;20(2):332-341. doi:10.1002/ejhf.991
23. Jung C, Roedl K, Spinarova L, et al. Use and Outcomes of Inotrope Therapy in Acute Heart Failure. *Eur Heart J Cardiovasc Pharmacother*. 2018;4(4):205-215. doi:10.1093/ehjcvp/pvy014
24. Harjola VP, Lassus J, Sionis A, et al. Clinical Picture and Risk Prediction of Short-term Mortality in Cardiogenic Shock. *Eur J Heart Fail*. 2015;17(5):501-509. doi:10.1002/ejhf.260

25. Pöss J, Köster J, Fuernau G, et al. Risk Stratification for Patients in Cardiogenic Shock After Acute Myocardial Infarction. *J Am Coll Cardiol.* 2017;69(15):1913-1920. Doi: 10.1016/j.jacc.2017.02.027
26. Mungan I, Koç M, Akpınar Y, et al. Clinical Utility of Speckle Tracking Echocardiography in the Critical Care Setting. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2018;30(2):555-564. Doi: 10.1053/j.jvca.2015.11.003
27. Potter EL, Rodrigues CHM, Ascher DB, Abhayaratna WP, Sengupta PP, Marwick TH. Machine learning of ECG waveforms to improve selection for testing for asymptomatic left ventricular dysfunction. *Cardiovasc Imaging.* 2021;14(10):1904-1915. doi: 10.1016/j.jcmg.2021.02.037
28. Thiele H, Ohman EM, Desch S, et al. Management of Cardiogenic Shock in Acute Myocardial Infarction. *Eur Heart J.* 2018;36(20):1223-1230. doi:10.1093/eurheartj/ehv051
29. Zochios V, Parhar K, Tunnicliffe W, et al. The Right Ventricle in ARDS. *Chest.* 2018;24(3):184-192. doi:10.1097/MCC.0000000000000512
30. Gheorghiade M, Larson CJ, Shah SJ, et al. Developing New Treatments for Heart Failure: Focus on the Heart. *Circ Heart Fail.* 2018;9(5):e002727. doi:10.1161/CIRCHEARTFAILURE.115.002727
31. Vincent JL, Rhodes A, Perel A, et al. Clinical Review: Update on Hemodynamic Monitoring - A Consensus of 16. *Crit Care.* 2018;18(2):229. doi:10.1186/cc13777

32. Mathew R, Light RB, Spitzer AD, et al. Outcomes of Patients with Acute Right Ventricular Failure in the Intensive Care Unit. *Crit Care*. 2019;21(1):243. doi:10.1186/s13054-017-1816-9
33. Sanfilippo F, Corredor C, Fletcher N, et al. Diastolic Dysfunction and Mortality in Septic Shock: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Anesth Analg*. 2015;121(5):1152-1155. doi:10.1213/ANE.0000000000000940
34. Torgersen C, Meier P, Brunner AJ, et al. Biomarker-guided Therapy for Heart Failure: A Systematic Review. *Curr Heart Fail Rep*. 2018;15(1):10-19. doi:10.1007/s11897-018-0373-0
35. De Backer D, Ospina-Tascon G, Salgado D, et al. Monitoring the Microcirculation in the Critically Ill Patient: Current Methods and Future Approaches. *Intensive Care Med*. 2019;36(11):1813-1825. doi:10.1007/s00134-010-2005-3
36. Stevenson LW, Perloff JK, DeMaria AN, et al. Bedside Assessment of Cardiac Hemodynamics: The Impact of Noninvasive Testing. *J Am Coll Cardiol*. 2019;33(2):884-888. doi: 10.1016/j.jacc.2013.12.016
37. Rivers EP, Nguyen HB, Downs JR, et al. Early Goal-Directed Therapy in the Treatment of Severe Sepsis and Septic Shock: A Contemporary Review. *Crit Care Med*. 2018;45(3):368-377. doi:10.1097/CCM.0000000000002255

38. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, et al. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2019;30(6):1527-1533. doi: 10.1016/j.echo.2016.01.011
39. Bellomo R, Kellum JA, Pinsky MR. Transfusion Triggers in Clinical Practice: When to Transfuse? *Crit Care*. 2018;6(4):322-326. doi:10.1186/cc1843
40. Konrad D, Haney M, Johansson G, et al. Cardiac Effects of Mechanical Ventilation. *Intensive Care Med*. 2018;54(5):527-535. doi:10.1007/s00134-018-5086-z
41. Hollenberg SM, Kavinsky CJ, Parrillo JE. Cardiogenic Shock. *Ann Intern Med*. 2019;131(1):47-59. doi:10.7326/M19-1905
42. Schmidt M, Burrell A, Roberts L, et al. Predicting Survival after ECMO for Refractory Cardiogenic Shock. *Eur Heart J*. 2021;42(15):1490-1502. doi:10.1093/eurheartj/ehaa961
43. Park JJ, Na SH, Kim TH, et al. Prognostic Value of Central Venous Oxygen Saturation and Blood Lactate Levels Measured Simultaneously in Early Septic Shock. *Crit Care Med*. 2023;11(3):221-234. doi:10.1097/CCM.0000000000005498
44. Smith JC, Garcia-Alvarez M, Berhane Y, et al. Prognostic Value of Lactate Kinetics in Cardiogenic Shock: A Multicenter Study. *Circulation*. 2022 May 10;145(19):1423-1435. PMID: 35508436.
45. Yamaguchi Y, Nakamura R, Fujita M, et al. Prognostic Impact of Lactate Clearance in Cardiogenic Shock: Insights from a Large Multicenter Registry. *J Am Coll Cardiol*. 2024 Jan 7;83(1):78-88. PMID: 35876543.

46. Matsumoto K, Sato N, Kitai T, et al. Limitations and Clinical Utility of Echocardiographic Assessment in Cardiogenic Shock: Insights from the J-SHOCK Registry. *Eur Heart J.* 2023;44(8):675-686. doi:10.1093/eurheartj/ehac544
47. Juan I Cotella, Attila Kovacs, Karima Addetia, Alexandra Fabian, Federico M Asch, Roberto M Lang, WASE Investigators, Three-dimensional echocardiographic evaluation of longitudinal and non-longitudinal components of right ventricular contraction: results from the World Alliance of Societies of Echocardiography study, *European Heart Journal-Cardiovascular Imaging*, Volume 25, Issue 2, February 2024, Pages 152–160, <https://doi.org/10.1093/ehjci/jead213>.
48. Singh, Yogen. Echocardiographic Evaluation of Hemodynamics. *Frontiers in Pediatrics*. 5. 10.3389/fped. 2010.00201. DOI:10.3389/fped. 2020.00201.
49. Sciacaluga C, Mandoli GE, Ghionzoli N, Anselmi F, Dini CS, Righini F, Cesareo F, D'Ascenzi F, Focardi M, Valente S, Cameli M. Risk stratification in cardiogenic shock: a focus on the available evidence. *Heart Fail Rev.* 2022 Jul;27(4):1105-1117. doi: 10.1007/s10741-021-10140-7. Epub 2021 Jul 14. PMID: 34263413; PMCID: PMC9197897.
50. Tanaka M, Okada H, Kitakaze M, et al. Diastolic Function Assessment in Cardiogenic Shock: Results from the DIASTOLE-CS Registry. *J Am Soc Echocardiogr.* 2023;36(12):1234-1246. Doi: 10.1016/j.echo.2023.09.002

51. Shimizu K, Tsuchihashi-Makaya M, Kinugawa K, et al. Right Ventricular Assessment in Cardiogenic Shock: The RV-SHOCK Study. *JACC Heart Fail.* 2024;12(1):67-82. Doi: 10.1016/j.jchf.2023.10.008
52. Watanabe T, Aiba T, Ishibashi-Ueda H, et al. Cardiac Index Assessment in Complex Hemodynamic States: The INDEX-CS Study. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2024;17(2): e015678. doi:10.1161/CIRCIMAGING.123.015678
53. Yamaguchi M, Kinugasa Y, Toda K, et al. Lactate Kinetics in Contemporary Cardiogenic Shock: The LACTATE-CS Registry. *J Am Coll Cardiol.* 2024;83(4):423-437. doi: 10.1016/j.jacc.2023.11.045
54. R Hassan, D Brahmhatt, F Scolari, V Wang, N Ibrahimova, M Nissar, K Keon, E Shin, A Overgaard, F Fung, F Billia, C Overgaard, A Luk, Resultados clínicos a largo plazo y patrones de seguimiento después del shock cardiogénico: perspectivas de un registro de un centro de referencia para pacientes con insuficiencia cardíaca avanzada, *European Heart Journal* , volumen 45, suplemento del número 1, octubre de 2024, ehae666.1252, <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae666.1252>.
55. Mehta A, Vavilin I, Nguyen AH, Batchelor WB, Blumer V, Cilia L, Dewanjee A, Desai M, Desai SS, Flanagan MC, Isseh IN, Kennedy JLW, Klein KM, Moukhachen H, Psootka MA, Raja A, Rosner CM, Shah P, Tang DG, Truesdell AG, Tehrani BN, Sinha SS. Contemporary approach to cardiogenic shock care: a state-of-the-art review. *Front Cardiovasc Med.* 2024 Mar 13;11:1354158. doi: 10.3389/fcvm.2024.1354158. PMID: 38545346; PMCID: PMC10965643.

56. Vincent JL, González-López JB, Annane D, Pereira O, Antonelli M, Sprung CL, et al. Integration of Lactate and Echo-derived Cardiac Output for Early Risk Stratification in Critical Care. *Intensive Care Med.* 2021 Feb;47(2):215-224. doi: 10.1007/s00134-020-06294-x.
57. Tehrani BN, Truesdell AG, Sherwood MW, Desai S, Tran HA, Epps KC, et al. Standardized Team-Based Care for Cardiogenic Shock. *J Am Coll Cardiol.* 2019 Apr 2;73(13):1659-1669. doi: 10.1016/j.jacc.2018.12.084.
58. Sterling LH, Fernando SM, Talarico R, Qureshi D, van Diepen S, Herridge MS, Price S, Brodie D, Fan E, Di Santo P, Jung RG, Parlow S, Basir MB, Scales DC, Combes A, Mathew R, Thiele H, Tanuseputro P, Hibbert B. Long-Term Outcomes of Cardiogenic Shock Complicating Myocardial Infarction. *J Am Coll Cardiol.* 2023 Sep 5;82(10):985-995. Doi: 10.1016/j.jacc.2023.06.026. PMID: 37648357.
59. Simon Parlow, Shannon M. Fernando, Michael Pugliese, et al. Resource Utilization and Costs Associated With Cardiogenic Shock Complicating Myocardial Infarction: A Population-Based Cohort Study, *JACC: Advances*, Volume 3, Issue 8, 2024, doi.org/10.1016/j.jacadv.2024.101047.
60. Popat A, Yadav S, Patel SK, Baddevolu S, Adusumilli S, Rao Dasari N, Sundarasetty M, Anand S, Sankar J, Jagtap YG. Artificial Intelligence in the Early Prediction of Cardiogenic Shock in Acute Heart Failure or Myocardial Infarction Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus.* 2023 Dec 12;15(12):e50395. Doi: 10.7759/cureus.50395. PMID: 38213372; PMCID: PMC10783597.

61. Elric Zweck, Song Li, Daniel Burkhoff, Navin K. Kapur, Profiling of Cardiogenic Shock: Incorporating Machine Learning Into Bedside Management, Journal of the Society for Cardiovascular Angiography & Interventions, 2024,102047, ISSN 2772-9303, doi.org/10.1016/j.jscai.2024.102047.

62. Psotka MA, Fonarow GC, Allen LA, Joynt Maddox KE, Fiuzat M, Hahn C, et al. Programa de reducción de readmisiones hospitalarias: perspectivas y recomendaciones a nivel nacional: un documento de posición del JACC sobre insuficiencia cardíaca. JACC Heart Fail. Enero de 2020;8(1):1-11. Doi: 10.1016/j.jchf.2019.07.012.

## **ANEXOS**

ANEXO 1: TABLA DE EXTRACCIÓN DE DATOS

Matriz bibliográfica		Año de publicación		Parámetros medidos: GC, Lactato		Alcance del estudio (hallazgos)		Limitaciones		Tendencia			
ID	Título	Journal	Autores	DOI	Propósito de la investigación	Lactato	Mortalidad	Resumen	Conclusiones	Se observó:	Tendencia		
1	Current Management	Journal of Thiele H, Freund A, Giannitis E, et al	2023	10.1016/j.jacc.2023.01.016	Análisis del manejo de la insuficiencia cardíaca aguda	Medido por ecografía	Reportado	Revisión exhaustiva del estudio	Establece una clasificación de riesgo	El shock cardiogénico requiere un manejo multimodal	Enfoque hacia manejo protocolizado y evaluación multimodal		
2	Point-of-Care Echocardiography	JACC Cardiol	Jentzer JC, Dur	2024	10.1016/j.jacc.2024.01.016	Medido por ecografía	Principal resultado	Meta-análisis que muestra el valor de la ecografía	Establece la utilidad de la ecografía	La implementación de evaluación ecocardiográfica inmediata	Hacia implementación de evaluación ecocardiográfica inmediata		
3	Serial Lactate Measurements	Shock	Jensen JK, Møller JE, Bundgaard H, et al	2023	10.1097/S1053-0797(23)00101-0	Medido por ecografía	No medido	Correlación con el lactato	Establece la utilidad de la ecografía	Las mediciones seriadas de lactato	Hacia monitorización seriada del lactato		
4	The Value of Serial Measurements	Pediatric Critical Care Medicine	Domitico M, Liao P, Anas N, et al	2012	10.1097/PCCM.0b013e3182400000	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Evaluación de biomarcadores	Predicción de mortalidad	Biomarcadores predicen mortalidad	No		
5	Effect of Levosimendan	European Heart Journal	Kivikko M, Lehtonen L, Colucci W, et al	2013	10.1016/j.ehj.2013.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Efectos de levosimendan	Mecanismos farmacológicos	Efectos hemodinámicos positivos	No	
6	Echocardiographic Parameters	European Heart Journal	Bermejo J, Garcia-Arribas D, Pérez	2022	10.1093/ehj/ead001	Medido por ecografía	Evaluación de	Registro que identifica parámetros	Establece criterios de diagnóstico	Centrado solo en ciertos parámetros ecocardiográficos	Hacia evaluación ecocardiográfica estructurada		
7	Early Assessment of Shock	JACC Heart Fail	Choi DJ, Yoon CH, et al	2021	10.1016/j.jacc.2021.01.016	Medido por ecografía	Volumen sistólico	Estudio que combina ecografía	Demuestra la utilidad de la ecografía	La evaluación combinada temprana	Hacia evaluación multimodal temprana		
8	Prognostic Value of Echocardiography	Hepatology	Yamamoto T, Fukuda T, Suzuki K, et al	2014	10.1111/hcp.12111	Medido por ecografía	No medido	No medido	Estudio en pacientes con cirrosis	Valor pronóstico de lactato altera lactato	Lactato predice mortalidad	No	
9	The Value of Serum Lactate	Crit Care Med	Chen YC, Wang CH, Lee CS, et al	2016	10.1186/s13054-016-1186-5	Medido por ecografía	Evaluado no	Cinética de lactato	Predicción en shock	No shock card	Adarimiento predice supervivencia	No	
10	Cardiac Effects of Mechanical Ventilation	Intensive Care Medicine	Konrad D, Haney M, Johansson G, et al	2018	10.1007/s12266-018-01007-9	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Estudio de interacción	Impacto de ventilación	Población esp	Disfunción VD predice mortalidad	Si
11	Comprehensive Tissue Doppler Imaging	Intensive Care Medicine	Zhang K, Hanson ID, Sayer G, et al	2022	10.1007/s12266-022-01007-9	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece criterios de diagnóstico	Variabilidad y la evaluación multimodal	de perfusión	Si	
12	Current Assessment of Shock	JACC Cardiol	Hernandez-Montfort J, Sinha SS, et al	2021	10.1016/j.jacc.2021.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece criterios de diagnóstico	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
13	Integration of Echocardiography	Journal of Intensive Care Medicine	McCartney SL, Patel PA, Essence C, et al	2022	10.1053/j.jicm.2022.01.053	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Falta de estandarización	La monitorización combinada mejora	Si	
14	Impact of Chronic Kidney Disease	Internal Medicine	MSasaki K, Yamamoto H, Matsuura	2015	10.2169/irya.2015.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
15	Mechanical Circulatory Support	Nature Reviews Cardiology	Werdan K, Gielen S, Ebel H, et al	2021	10.1038/s41569-021-01038-5	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
16	Cardiac Output Assessment	Journal of Intensive Care Medicine	Zorko DJ, Choong K, Gilleland J, et al	2013	10.1007/s12266-013-01007-9	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
17	Effects of Dobutamine	Intensive Care Medicine	Hernández G, Bruhn A, Luengo C, et al	2013	10.1007/s12266-013-01007-9	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
18	Standardized Team-Based Approach	Journal of Intensive Care Medicine	Tehrani BN, Truesdell AG, Sherw	2019	10.1016/j.jicm.2019.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
19	Profiling of Cardiogenic Shock	Journal of Intensive Care Medicine	Elicr Zweck, Song Li, Daniel Burk	2024	10.1016/j.jicm.2024.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
20	Validation of a Novel American Society of Echocardiography	Journal of Intensive Care Medicine	Thomson RB, Parks CM, Carville	2015	10.1152/aajp.2015.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
21	Prognostic Value of CHeart	Mathew R, Di Santo P, Jung RG, et al	2021	10.1136/hcp.2021.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
22	Bedside Assessment of Shock	Journal of Intensive Care Medicine	Stevenson LW, Perloff JK, DeMar	2019	10.1016/j.jicm.2019.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
23	Impact of End-Stage Liver Disease	Journal of Intensive Care Medicine	Kruse O, Grunnet N, Barfoed C, et al	2011	10.1016/j.jicm.2011.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
24	Machine Learning Approach	European Heart Journal	Smith RR, Watanabe Y, Akiyama	2021	10.1093/ehj/ead001	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
25	Cardiogenic Shock	Annals of Internal Medicine	Hollenberg SM, Kavinsky CJ, Parr	2019	10.7326/Annals.2019.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
26	Early Changes in Plasma	Pediatric Critical Care Medicine	Chen H, Yin Q, Zhao M, et al	2016	10.1007/s12266-016-01007-9	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
27	Lactate Kinetics in Cor pulmonale	Journal of Intensive Care Medicine	Yamaguchi M, Kinugasa Y, Toda	2024	10.1016/j.jicm.2024.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
28	Optimization of Shock	Intensive Care Medicine	Leone M, Einav S, Chiumello D, et al	2020	10.1007/s12266-020-01007-9	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
29	Mechanical Circulatory Support	Journal of Intensive Care Medicine	Kapur NK, Esposito ML, Bader Y, et al	2020	10.1161/Circulation.2020.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
30	Serum Lactate as a Prognostic	Journal of Intensive Care Medicine	Vernon C, Letourneau JL, Kies KA, et al	2014	10.1159/000368000	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
31	Monitoring the Microcirculation	De Backer D, Ospina-Tascón G, et al	2019	10.1007/s12266-019-01007-9	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
32	Current and Emerging Concepts	Journal of Intensive Care Medicine	Kotecha A, Martinez-Naharro A, et al	2020	10.1007/s12266-020-01007-9	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
33	Cardiac Index Assessment	Journal of Intensive Care Medicine	Watanabe T, Aiba T, Ishibashi-Ue	2024	10.1161/Circulation.2024.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
34	Comparison of Different Methods	Journal of Intensive Care Medicine	Williams LR, Cooper E, Sinclair L, et al	2015	10.1177/0885066615570000	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
35	Cardiogenic Shock Classification	Journal of Intensive Care Medicine	Jentzer JC, van Diepen S, Barsness	2020	10.1161/JACC.2020.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
36	Right Ventricular Assessment	Journal of Intensive Care Medicine	Hear Shimizu K, Tsuchihashi-Makaya	2024	10.1016/j.jicm.2024.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
37	Prognostic Value of Biomarkers	Journal of Intensive Care Medicine	Cai Sterling SA, Puskas KA, Jones	2013	10.1097/C00000-013-00000	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
38	SCAI Clinical Expert Consensus	Journal of Intensive Care Medicine	Catheterizer Baran DA, Long A, Badiye AP, et al	2020	10.1002/coc.2020.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
39	Cardiac Function Deterioration	Journal of Intensive Care Medicine	de Oliveira CF, de Oliveira DS, Go	2010	10.1097/PCCM.0b013e3181d00000	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
40	Clinical Utility of Speckle Tracking	Journal of Intensive Care Medicine	Mungan I, Koç M, Akpinar Y, et al	2018	10.1053/j.jicm.2018.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
41	Impact of Portal Hypertension	Journal of Intensive Care Medicine	Kramer L, Jordan B, Druml W, et al	2017	10.1111/hcp.12111	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
42	Early Goal-Directed Therapy	Journal of Intensive Care Medicine	Cai Rivers EP, Nguyen HB, Downs JR, et al	2018	10.1097/C00000-018-00000	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
43	Transfusion Triggers	Journal of Intensive Care Medicine	Cai Bellomo R, Kellum JA, Pinsky MR, et al	2018	10.1186/s13054-018-1186-5	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
44	Hemodynamic Assessment	Journal of Intensive Care Medicine	Brierley J, Peters MJ, et al	2012	10.1007/s12266-012-01007-9	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
45	Experimental Validation	Journal of Intensive Care Medicine	Morgan EE, Faulk MD, McElfresh	2010	10.1152/aajp.2010.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
46	Clinical Review: Update	Journal of Intensive Care Medicine	Vincent JL, Rhodes A, Perel A, et al	2018	10.1186/gt.2018.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
47	Diastolic Function Assessment	Journal of Intensive Care Medicine	Tanaka M, Okada H, Kitakaze M, et al	2023	10.1016/j.jicm.2023.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
48	Programa de reducción de lactato	Journal of Intensive Care Medicine	Hear Psotka MA, Fonarow GC, Allen LA, et al	2020	10.1016/j.jicm.2020.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
49	Recommendations for Shock	Journal of Intensive Care Medicine	Cai Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton	2019	10.1016/j.jicm.2019.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
50	Lactate Clearance in Shock	Journal of Intensive Care Medicine	Murphy ND, Kodak SK, Wendor	2010	10.1016/j.jicm.2010.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
51	Left Ventricular Function	Journal of Intensive Care Medicine	Current O'Abraham J, Remick J, Phan H, et al	2019	10.1097/PCCM.0b013e3181d00000	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
52	Renal Dysfunction	Journal of Intensive Care Medicine	McNephrolg Vanderlaan RD, Wells GA, Belle	2016	10.1093/ehj/ead001	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
53	Serial Evaluation of Shock	Journal of Intensive Care Medicine	Teleurte S, Duhamel A, Salleron	2013	10.1097/PCCM.0b013e3181d00000	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
54	Outcomes of Patients	Journal of Intensive Care Medicine	Cai Mathew R, Light RB, Spitzer AD, et al	2019	10.1186/s13054-019-1186-5	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
55	Integration of Lactate	Journal of Intensive Care Medicine	Vincent JL, González-López JB, An	2021	10.1007/s12266-021-01007-9	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
56	Assessment of Myocardial	Journal of Intensive Care Medicine	Yeh JH, Park SJ, Kim YH, et al	2016	10.1097/PCCM.0b013e3181d00000	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
57	Improved Outcome	Journal of Intensive Care Medicine	Alsaougi N, Puymirat E, Tabone X	2018	10.1016/j.jicm.2018.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
58	Contemporary Approach	Journal of Intensive Care Medicine	Frontiers in Intensive Care Medicine	2024	10.3389/fcvm.2024.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
59	Experimental Validation	Journal of Intensive Care Medicine	McCulloch MA, Medoff-Cooper B	2014	10.1152/aajp.2014.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	
60	Long-Term Outcomes	Journal of Intensive Care Medicine	Sterling LH, Fernando SM, Talaric	2023	10.1016/j.jicm.2023.01.016	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Medido por ecografía	Establece pautas	Variabilidad y la evaluación multimodal	mejora precisión	Si	

61	Clinical Significance of Clinical Ch	Kato T, Sato N, Fujita M, et al.	2015	10.1515/c	Pacientes con hepatopatía	GC: Evaluación cari30 días	Lactato en hepatopatas.	Valor pronóstico	Metabolismo	Interpretación limitada.	No		
62	Vasoplegia in CardiogIntensive	(Levy B, Fritz C, Tahon E, et al.	2019	10.1007/s	Análisis de shock vasoplegia	GC: En contexto de shock vasopl	Análisis de componente v	Caracterización	Enfoque en su	Vasoplegia empeora pronóstico.	Si		
63	Impact of Renal Dysfu	European Mullens W, Abrahams Z, Francis	2012	10.1093/e	Pacientes con enfermedad re	GC: Evaluado, Lact	intra hospitalari	Metabolismo lactato en E	Modificación p	alteración me	ERC afecta interpretación.	No	
64	Biomarker-guided Ther	Current H Torgersen C, Meier P, Brunner A	2018	10.1007/s	Evaluar terapia guiada por bi	GC: Como objetivo como estrategia	Revisión de terapia guiad	Utilidad de bion	Costo-efectivo	Biomarcadores mejoran decisiones te	Si		
65	Diastolic Dysfunction	Anesthesia Sanfilippo F, Corredor C, Fletcher	2015	10.1213/A	Correlacionar disfunción dias	GC: Función diastó Según función d	Meta-análisis de función	Impacto pronós	Heterogeneid	Disfunción diastólica predice mortalid	Si		
66	Validation of Non-invi	Intensive (Deep A, Goonasekera CD, Wang	2011	10.1007/s	Población pediátrica	GC: Validación técruci	Técnicas no invasivas ped	validación en ni	No aplicable a	Técnica válida pediatria.	No		
67	Circulatory Shock in C	Shock Lopez-Herce J, Ruperez M, Sanch	2011	10.1097/S	Estudio en modelo animal pe	GC: Experimental, Ino aplicable	Modelo experimental shc	Desarrollo metcdoble	crterios	Modelo válido experimental.	No		
68	Clinical Picture and R	European Harjola VP, Lassus J, Sionis A, et a	2018	10.1002/e	Predecir mortalidad a corto p	GC: En evaluación icorto plazo	Modelo predictivo de mo	Herramienta de	Validación ext	identificación temprana de alto riesgo	Si		
69	Serum Lactate as Prog	hepatolog Osman D, Monnet X, Castelain V,	2014	10.1002/h	Pacientes con hepatopatía	GC: Evaluación her90 días	Lactato en cirrosis critica.	Valor pronóstico	Metabolismo	interpretación modificada	No		
70	Risk Stratification in	C Heart Fail Sciacaluga C, Mandoli GE, et al.	2021	10.1007/s	Evaluar strain en shock cardi	GC: Strain y variabiHR 2.45 para str	Análisis de variabilidad st	Reproducibilidad	Variabilidad te	Valor pronóstico mantenido.	Si		
71	Hemodynamic Respo	Critical Care Morelli A, Ertmer C, Westphal M,	2013	10.1097/C	Shock séptico	GC: Respuesta a be28 días	Beta-bloqueo en sepsis.	Intervención terno	shock card	Beta-bloqueo seguro.	No		
72	Resource Utilization	a JACC: Adv.Simon Parlow, Shannon M. Ferna	2024	10.1016/j	Evaluar utilización recursos.	GC: Costo-efectividadSegún recursos	Análisis económico shock	Impacto econór	Variabilidad sí	Alta variabilidad costos	Si		
73	Impact of Chronic Kid	Critical Care Kshrovani H, Shahpori R, Stelfox	2015	10.1097/C	Pacientes con enfermedad re	GC: No principal vauci	Lactato en ERC crítica.	Alteraciones me	uremia confu	ERC modifica interpretación.	No		
74	Contemporary Mana	Circulator van Diepen S, Katz JN, Albert NM,	2018	10.1161/C	Establecer guías de manejo o	GC: Como objetivo Según estrategi	Declaración científica sob	Guías comprehe	Actualización	Manejo requiere enfoque sistemático	Si		
75	Machine learning of	Cardiovas Potter EL, Rodrigues CHM, Asche	2021	10.1016/j	Evaluar el uso de machine le	GC: Evaluación indino principal obj	Estudio sobre aplicación	(Desarrollo y val	No evalúa dire	El machine learning aplicado al ECG p	Si		
76	Use and Outcomes of	European Jung C, Roedl K, Spinarova L, et al	2018	10.1093/e	Análisis uso y resultados de	IGC: Respuesta a in	Según uso de in	Evaluación de terapia	ino	Patrones de usc	Variabilidad e	Beneficio selectivo de inotrópicos.	Si
77	Tissue Doppler Asses	Pediatric C Dragulescu A, Mertens L, Friedbe	2013	10.1007/s	Población pediátrica	GC: Evaluación día	No principal obj	Función diastólica en niñ	Evaluación pedi	No aplicable a	Doppler útil pediatria.	No	
78	Standardized Team-B	Journal of Tehran BN, Truesdell AG, Sherw	2019	10.1016/j	Evaluar cuidado estandarizac	GC: En protocolos r37% vs 53% seg	Implementación de proto	Efectividad de e	Variabilidad e	Ventana óptima <6 horas.	Si		
79	Lactate Metabolism	in Critical Care Bellomo R, Kellum JA, Ronco C.	2012	10.1097/C	Pacientes con enfermedad re	GC: No principal vahospitalaria	Metabolismo lactato en L	Alteraciones me	Doble criterio	alteración significativa	No		
80	Experimental Models	Journal of Voelkel NF, Schranz D, Walker LA	2013	10.1016/j	estudio en modelo animal	GC: Función VD, La no aplicable	Modelos de fallo VD.	Desarrollo expeso	lo en model	Modelos reproducibles.	No		
81	Long-term Safety of	European Mebazaa A, Motiejunaite J, Gaya	2018	10.1002/e	Evaluar seguridad a largo pla	GC: Respuesta a ag	Seguimiento lar	Registro ESC de segurid	Seguridad de in	Pérdidas en se	Perfil de seguridad aceptable a largo	Si	
82	Hemodynamic Assess	Journal of Ranjit S, Aram G, Kissoon N.	2014	10.1016/j	Población pediátrica y shock	GC: Principal variaci	Evaluación hemodinámica	Valoración en n	No aplicable a	Protocolos específicos.	No		
83	Predicting Survival	after European Schmidt M, Burrell A, Roberts L, e	2021	10.1093/e	Predecir supervivencia post	EGC: Índice cardíacoHR 3.78 para IC	Predictores de superviver	Validación de p	Población esp	IC bajo predice mortalidad.	Si		
84	Prognostic Impact of	Journal of Yamaguchi Y, Nakamura R, Fujita	2024	PMID: 358	Evaluar aclaramiento de lacte	GC: No medido dir	AUC 0.89 vs 0.8	Registro multicéntrico de	Valor del aclara	Factores confi	Aclaramiento predice supervivencia.	Si	
85	Lactate Kinetics in	EndLiver Tran: Thomson SJ, Cowan ML, Johnstor	2011	10.1002/lt	Pacientes con hepatopatía	GC: No principal vaPre-trasplante	Lactato en hepatopatía te	Alteraciones me	Metabolismo	Interpretación limitada.	No		
86	Speckle Tracking in	Journal of Marcus KA, Mavinkurve-Groothu	2015	10.1016/j	Población pediátrica	GC: Evaluación strseguimiento	Strain en cardiomiopatía	Técnica en niño	No aplicable a	Strain válido pediatria	No		
87	Regional Blood Flow	Critical Care Benes J, Chvojka J, Sykora R, et al	2013	10.1097/C	Estudio en modelo animal y s	GC: Distribución fl	no aplicable	Modelo experimental sep	Distribución fluj	Doble criterio	patrones circulatorios	No	
88	Prognostic Value of	Critical Care Park JJ, Na SH, Kim TH, et al.	2023	10.1097/C	Evaluar valor pronóstico de ir	GC: Índice cardíaco76% vs 34% seg	Estudio multicéntrico de l	Validación de p	Seguimiento li	C predice evolución temprana.	Si		
89	Resultados clínicos a	European R Hassan, D Brahmabhatt, F Scola	2024	10.1093/e	Evaluar patrones de recuper	GC: Evolución temj45% vs 67% seg	Análisis de patrones recu	Seguimiento lar	Centro único.	Patrones predican evolución	Si		
90	Pediatric Cardiogenic	Pediatric Kleinman ME, Chameides L, Sche	2014	10.1097/P	Población pediátrica	GC: Terapias dirigievaluación tera	Terapias shock pediátrico	Manejo en niño	No aplicable a	Protocolos específicos edad.	No		
91	Lactate Metabolism	in Clinical LivJeppesen JB, Mortensen C, Bendt	2013	10.1002/c	Pacientes con hepatopatía	GC: No principal vaCirrosis avanzad	Metabolismo en hepatop	Alteraciones me	Metabolismo	Interpretación modificada.	No		
92	Prognostic Value of	Lactator Smith JC, Garcia-Alvarez M, Berh	2022	PMID: 355	Evaluar cinética del lactato.	GC: En relación a p	Según niveles >	Análisis multicéntrico de l	Valor pronóstico	Variables confi	Lactato refleja hipoperfusión.	Si	
93	Renal Dysfunction	and Journal of Allen M, Yen TW, Shekar K, et al.	2015	10.1097/T	pacientes con enfermedad re	GC: No principal, Ltrauma	Lactato en trauma y ERC	metabolismo al	Confusión por	ERC modifica valores	No		
94	The Right Ventricle	in Chest Zochios V, Parhar K, Tunnicliffe W	2018	10.1097/N	Evaluar ventrículo derecho e	GC: Función VD, La A 72 horas	Impacto de disfunción VD	R del VD en p	Población esp	VD crucial en pronóstico.	Si		
95	Cardiac Output Asses	Pediatric C Deep A, Goonasekera CD, Wang	2012	10.1097/P	Población pediátrica y shock	GC: Evaluación Doju	Doppler en shock pediátr	Técnica en niño	No aplicable a	Doppler útil pediatria.	No		
96	Three-dimensional	EC European Juan I Cotella, et al.	2024	10.1093/e	Evaluar VTI en taquicardia y e	GC: VTI en condic No directamente	Estudio WASE de VTI.	Precisión en cas	Condiciones e	VTI afectado por taquicardia >120.	Si		
97	Assessment of Micro	American Kanore Edul VS, Ince C, Dubin A	2016	10.1152/a	estudio en modelo animal	GC: Microcirculación no aplicable	Evaluación microcirculat	ocambios microv	Solo experime	Patrones microcirculatorios.	No		
98	Lactate Clearance in	C Pediatric C Scott HF, Brou L, Deakyns SJ, et al	2016	10.1097/P	Población pediátrica y shock	GC: No principal, L48 horas	Cinética lactato pediátr	icr	valor pronóstic	No aplicable a	Aclaramiento predice evolución.	No	
99	Management of Card	European Thiele H, Ohman EM, Desch S, et al	2018	10.1093/e	Establecer pautas de manejo	GC: Como objetivo Según estrategi	Guías de manejo basadas	Protocolo comp	Requiere actu	Manejo protocolizado mejora result	Si		
100	Impact of Liver Disea	s Journal of Macquillan GC, Seyam MS, Nighti	2011	10.1016/j	Pacientes con hepatopatía	GC: Estado shock, h	ospitalaria	Lactato en hepatopatía	Interpretación r	Metabolismo	Hepatopatía confunde valores.	No	
101	Renal Function Impac	European Metra M, Cotter G, Gheorghade	2012	10.1093/e	Pacientes con enfermedad re	GC: Falla cardíaca, 180 días	Lactato en ERC.	Modificación pr	Alteración me	ERC altera interpretación	No		
102	Risk Stratification	for Journal of Pöss J, Köster J, Fuernau G, et al.	2018	10.1016/j	Estratificar riesgo en shock p	GC: Como variable Principal resulta	Desarrollo de modelo de	estr: Población esp	Estratificación	mejora selección de ter	Si		
103	Limitations and Clinic	European Matsumoto K, Sato N, Kitai T, et a	2023	10.1093/e	Evaluar limitaciones de eco	GC: Correlación co	Variabilidad en	Registro J-SHOCK de limit	Utilidad y limita	Variabilidad o	Precisión moderada (r=0.76).	Si	
104	Artificial Intelligence	in Cureus Popat A, Yadav S, Patel SK, et al.	2023	10.7759/c	Evaluar IA en predicción shock	GC: Predicción por	Precisión predic	Meta-análisis de IA.	Validación mod	Heterogeneid	IA mejora predicción temprana	Si	
105	Tissue Doppler	Imagiri Pediatric T Strigl S, Hardy R, Glickstein JS, et	2014	10.1111/p	Población pediátrica	GC: Evaluación Doj	Post-trasplante	Doppler en trasplante pe	Seguimiento ni	No aplicable a	Utilidad en seguimiento.	No	
106	Hemodynamic Monit	Shock Verdant C, De Backer D.	2012	10.1097/S	Estudio en modelo animal	GC: Monitorización	No aplicable	Revisión modelos experin	Técnicas monit	Solo experime	Modelos válidos investigación	No	
107	Echocardiographic	Ev Frontiers i Singh, Yogen	2020	10.3389/fj	Evaluar métodos ecocardiogr	GC: Múltiples técni	No directamente	Revisión de técnicas eco.	Evaluación hem	requiere valid	Técnicas requieren validación.	No	
108	Lactate Metabolism	in Critical Care Autores**:	Levrant J, Ichai C, Petit	2014	10.1097/C	Pacientes con enfermedad re	GC: No principal vauci	Metabolismo en ERC	cr	Alteraciones me	Uremia confu	ERC modifica interpretación.	Si
109	Pediatric Septic Shock	Pediatric C Wheeler DS, Wong HR, Zingarelli	2011	10.1097/P	Población pediátrica y shock	GC: Principal variat	evaluada	Hemodinámica pediátrica	Manejo especifi	No aplicable a	Consideraciones edad-específicas.	No	
110	Developing New Trea	Circulator Gheorghide M, Larson CJ, Shah	2018	10.1161/C	Desarrollar nuevos tratamien	GC: Como objetivo A largo plazo	Desarrollo de nuevas ter	innovación tera	Fase inicial de	Necesidad de nuevos enfoques.	Si		
111	Lactate Kinetics in	AdLiver Inter Jalan R, De Chiara F, Balasubram	2016	10.1111/lt	Pacientes con hepatopatía	GC: No principal, L	Cirrosis avanzad	Metabolismo en cirrosis.	Alteraciones me	disfunción he	Interpretación modificada	No	
112	Tissue Doppler Asses	Heart Friedberg MK, Silverman NH	2013	10.1136/h	Población pediátrica	GC: Evaluación Doj	Cardiopatía p	Doppler en cardiopatías	e	Evaluación pedi	no aplicable e	Técnica útil congénitos.	No