

# Uso de deformación y trabajo miocárdico del ventrículo izquierdo en el intraoperatorio y riesgo de complicaciones cardiovasculares posoperatorias en pacientes coronarios

## *Use of strain and left ventricular myocardial work intraoperatively and risk of postoperative cardiovascular complications in coronary patients*

Lizette Benavides-Villamizar<sup>1,2\*</sup>, Hernán D. Castro-Arias<sup>1,2</sup> y José H. Arias-Botero<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Medicina, Universidad CES; <sup>2</sup>Servicio de Cirugía, Clínica Medellín Sede Occidente. Medellín, Colombia

### Resumen

**Introducción:** la cirugía de revascularización miocárdica es una de las piedras angulares en el manejo de los pacientes con cardiopatía isquémica. La evaluación ecocardiográfica intraoperatoria es una parte sustancial en el manejo de estos pacientes. No obstante, la utilidad de GLS no se ha definido completamente en cirugía de revascularización. **Objetivo:** explorar el valor de la deformación longitudinal global y la eficiencia de trabajo miocárdico en la predicción de complicaciones cardiovasculares mayores en pacientes llevados a revascularización miocárdica. **Materiales y método:** estudio de cohorte ambispectiva, en el que se incluyeron pacientes con enfermedad coronaria y FEVI > 30% llevados a cirugía de revascularización miocárdica y a quienes se les realizó ecocardiografía intraoperatoria desde septiembre de 2023 hasta abril de 2024. Fueron seguidos desde el momento de la cirugía hasta siete días posoperatorios o el alta para detectar las complicaciones cardiovasculares. **Resultados:** se incluyeron 35 pacientes, con mediana de la edad de 68 años; 34 de ellos fueron sometidos a cirugía electiva y 29 presentaron fácil salida de bomba, con una mediana del tiempo de CEC de 67 minutos. La mediana de tiempo en UCI fue tres días. No se presentaron eventos de muerte y falla de extubación. La mediana del GLS de ventrículo izquierdo fue de -12.5% y la del MW fue de 75%. Se observó que aquellos con menor deformación tenían mayor posibilidad de presentar bajo gasto cardíaco o choque, edema cardiogénico o difícil salida de bomba, o ambos. Respecto al MW, no se encontró ninguna correlación o diferencia significativa a nivel estadístico en el análisis bivariado con las complicaciones. **Conclusión:** el GLS puede ayudar a predecir complicaciones cardiovasculares en el paciente coronario llevado a cirugía de revascularización miocárdica.

**Palabras clave:** Deformación. Ecocardiografía. Complicaciones cardiovasculares. Enfermedad coronaria.

### Abstract

**Introduction:** Myocardial revascularization surgery is one of the cornerstones in the management of patients with ischemic heart disease. Intraoperative echocardiographic evaluation plays a crucial role in the management of these patients. However, the utility of Global Longitudinal Strain (GLS) has not been fully defined in revascularization surgery. **Objective:** to explore the value of global longitudinal strain and myocardial work efficiency in predicting major cardiovascular complications in patients undergoing myocardial revascularization. **Materials and method:** this was a retrospective cohort study. Patients with

#### \*Correspondencia:

Lizette Benavides-Villamizar  
E-mail: lizbevi901013@hotmail.com

Fecha de recepción: 07-06-2024

Fecha de aceptación: 10-01-2025

DOI: 10.24875/RCCAR.24000062

Disponible en internet: 16-06-2025

Rev Colomb Cardiol. 2025;32(2):90-96

www.rccardiologia.com

0120-5633 / © 2025 Sociedad Colombiana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

coronary artery disease and an ejection fraction greater than 30% who underwent myocardial revascularization surgery and intraoperative echocardiography from September 2023 to April 2024 were included. They were followed from the time of surgery until 7 days postoperatively or discharge to detect cardiovascular complications. **Results:** a total of 35 patients were included, with a median age of 68 years. Thirty-four patients underwent elective surgery. Twenty-nine patients experienced easy weaning off the pump, with a median cardiopulmonary bypass time of 67 minutes. The median ICU stay was 3 days. No events of death or extubation failure were reported. The median left ventricular GLS was  $-12.5\%$  and the median MW was 75%. It was observed that patients with lower strain had a higher likelihood of developing low cardiac output or shock, cardiogenic edema, and/or difficult weaning off the pump. Regarding the MW, no significant correlation or difference was found at the statistical level in the bivariate analysis with the complications. **Conclusion:** GLS may help predict cardiovascular complications in coronary patients undergoing myocardial revascularization surgery.

**Keywords:** Strain. Echocardiography. Cardiovascular complications. Coronary disease.

## Introducción

La cirugía de revascularización miocárdica quirúrgica (CABG, su sigla en inglés) es una de las piedras angulares en el manejo de los pacientes con cardiopatía isquémica<sup>1-4</sup>. En Estados Unidos se realizan aproximadamente 371.000 procedimientos al año<sup>5</sup>; estos pacientes enfrentan un riesgo elevado de eventos adversos y mayor morbilidad debido a su perfil de riesgo cardiovascular, múltiples comorbilidades, así como complicaciones perioperatorias<sup>1.5-8</sup>. En la actualidad, la tasa de mortalidad es del 1.5 al 2% en centros con experiencia<sup>9,10</sup>, con una incidencia alta de complicaciones, que puede darse hasta en el 40% de los casos<sup>11,12</sup>. Las complicaciones cardiovasculares mayores son muy importantes por su gran impacto en la morbilidad y el pronóstico del paciente, de ahí que en esta población sea fundamental identificar factores de riesgo o predictores de tales eventos en el posoperatorio.

La evaluación ecocardiográfica intraoperatoria es una parte sustancial de la anestesiología cardíaca contemporánea<sup>13,14</sup>. Entre los parámetros ecocardiográficos evaluados, la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) es fundamental en el paciente coronario dado que tiene valor pronóstico y es un predictor de supervivencia<sup>1-3,15-17</sup>; sin embargo, sólo evalúa la función sistólica radial<sup>13,14,17,18</sup> y tiene varias limitaciones técnicas que incluyen las mediciones subjetivas según la experiencia del operador, la dependencia de suposiciones geométricas y las condiciones de carga ventricular, así como ser poco sensible para detectar compromiso subclínico de la función sistólica<sup>1,13-15,17,18</sup>. En los últimos años se han creado técnicas ecocardiográficas para medir la función sistólica del miocardio, que podrían superar estas limitaciones<sup>13,14</sup>. Una de ellas es el análisis de la deformación miocárdica, *strain*, a través del método *speckle-tracking* en 2D, la cual depende menos de las condiciones de carga,

tiene menor variabilidad interobservador y no se basa en suposiciones geométricas<sup>13,19</sup>. Esta evaluación puede proporcionar una medición más precisa y reproducible de la contractilidad del ventrículo izquierdo a nivel regional y global<sup>3,15,20</sup>, y, además, tener mayor sensibilidad para detectar una disfunción subclínica del ventrículo izquierdo cuando la FEVI se encuentra conservada ( $\geq 50\%$ )<sup>15,20</sup>.

La deformación longitudinal global (GLS, su sigla en inglés) es el parámetro más validado y utilizado para evaluar la función del ventrículo izquierdo<sup>13,19-20</sup>. La mayoría de los datos sobre la deformación del ventrículo izquierdo se ha obtenido a partir de pacientes despiertos con respiración espontánea y evaluados mediante ecocardiografía transtorácica<sup>13,19,21-24</sup>. Respecto al paciente con cardiopatía isquémica, la utilidad del GLS no se ha definido por completo en pacientes que son llevados a cirugía de CABG<sup>1,13,24</sup>. No obstante, algunos estudios sugieren que el GLS puede ser un predictor independiente de resultados a largo plazo después de CABG, especialmente en los pacientes con FEVI conservada<sup>1,15,25-31</sup>. Adicionalmente, la literatura propone otro nuevo parámetro a tener en cuenta derivado del GLS, que consiste en la medición del trabajo miocárdico no invasivo, puesto que incluye tanto la deformación como la carga en su análisis a lo largo de todo el ciclo cardíaco<sup>14</sup>; además, permite la exploración del rendimiento del miocardio al calcular la eficiencia del trabajo miocárdico ante cambios hemodinámicos<sup>14</sup>. Sin embargo, hay datos limitados para este método en el entorno quirúrgico<sup>14,32-35</sup>, especialmente sobre su uso en pacientes sometidos a CABG<sup>14</sup>.

Este estudio tuvo como objetivo explorar el valor del GLS y el porcentaje de eficiencia de trabajo miocárdico (MW) en la predicción de complicaciones cardiovasculares mayores en pacientes llevados a revascularización miocárdica quirúrgica con FEVI conservada.

## Materiales y método

Se realizó un estudio observacional analítico, de cohorte, con recolección de información ambispectiva, en el que se incluyeron todos los pacientes con enfermedad coronaria llevados a cirugía de revascularización miocárdica en la Clínica Medellín de Occidente, desde septiembre de 2023 hasta abril de 2024, con FEVI mayor al 30% (se utilizó la clasificación ecocardiográfica para determinar el corte de compromiso grave de la FEVI dado que ya está descrito su factor predictor para mayor riesgo de complicaciones perioperatorias), a quienes se les realizó ecocardiograma transesofágico intraoperatorio, y se les midió el GLS y el MW. Se excluyeron aquellos llevados a cirugía mixta, cirugía de urgencia vital y reoperación.

Se hicieron exámenes ecocardiográficos después de la inducción anestésica y antes de iniciar la incisión quirúrgica, y estos estuvieron a cargo de anesthesiólogos cardiovasculares con entrenamiento en ecocardiografía transesofágica intraoperatoria. Se utilizó el equipo de ultrasonido VIVID S70N. Las imágenes utilizadas fueron tres con vista en 2D: medio esofágico 4 cámaras, medio esofágico 2 cámaras, medio esofágico eje largo.

El procesamiento de las imágenes para la medición del GLS y el MW se hizo en el *software* ECHOPAC a partir de la grabación disponible en el equipo, posterior a la cirugía. El evaluador que las realizó estaba entrenado y estandarizado en el protocolo para la medición de GLS y MW.

Los pacientes estuvieron en seguimiento desde el momento de la cirugía hasta siete días posoperatorios o el alta, lo que ocurriera primero. Se recolectaron variables clínicas (edad, sexo, índice de masa corporal, comorbilidades, puntajes de EUROSCORE II, FEVI preoperatoria, número de vasos enfermos), intraoperatorias (tipo de cirugía, tiempo de pinza, tiempo de circulación extracorpórea, uso de vasoactivos, GLS y MV) y posoperatorias (lactato final, a las 12 y 24 horas, estancia en UCI), y complicaciones cardiovasculares (arritmias, choque cardiogénico, infarto del miocardio, edema cardiogénico, crisis hipertensiva y muerte).

El protocolo fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación en Humanos de la Universidad CES y el comité de investigación de la Clínica Medellín.

## Análisis estadístico

Para describir las características de la población, se utilizó estadística descriptiva: frecuencias

**Tabla 1.** Características clínicas y preoperatorias de los pacientes

| Características                | n    | %           |
|--------------------------------|------|-------------|
| Sexo                           |      |             |
| Masculino                      | 27   | 77.14       |
| Edad Me (RIQ)                  | 68   | (64-68)     |
| IMC Me (RIQ)                   | 24.5 | (23-27.6)   |
| FEVI % Me (RIQ)                | 58   | (42-65)     |
| EuroSCORE II Me (RIQ)          | 1.37 | (1.12-2.22) |
| Comorbilidades                 |      |             |
| HTA                            | 28   | 80          |
| Tabaquismo                     | 20   | 57.14       |
| Dislipidemia                   | 18   | 51.43       |
| Diabetes                       | 15   | 42.86       |
| IAM reciente                   | 14   | 40          |
| Hipotiroidismo                 | 6    | 17.14       |
| EPOC                           | 2    | 5.71        |
| Enfermedad arterial periférica | 2    | 5.71        |
| Medicamentos                   |      |             |
| IECA/ARA2                      | 26   | 74.29       |
| Estatinas                      | 23   | 65.71       |
| Betabloqueadores               | 11   | 31.43       |
| Trastorno de contractilidad    |      |             |
| Sí                             | 17   | 48.57       |
| No                             | 18   | 51.43       |
| Vasos enfermos                 |      |             |
| 1                              | 1    | 2.86        |
| 2                              | 3    | 8.57        |
| 3                              | 31   | 88.57       |

Me: mediana; RIQ: rango intercuartil; IMC: índice de masa corporal; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; HTA: hipertensión arterial; IAM: infarto agudo de miocardio; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; IECA: inhibidor de la enzima convertidora de angiotensina; ARA: antagonista del receptor de angiotensina.

absolutas y relativas para las variables cualitativas y mediana con rango intercuartílico para las variables cuantitativas. Para las comparaciones de los valores de GLS y MW con los grupos que presentan o no complicaciones, se utilizó la prueba de suma de rangos (U de Mann-Whitney).

## Resultados

La mediana de la edad de los 35 pacientes (8 mujeres y 27 hombres) fue de 68 años y la del índice de masa corporal fue de 24.5 kg/m<sup>2</sup>. Las comorbilidades más frecuentes fueron hipertensión arterial, tabaquismo, dislipidemia, diabetes *mellitus*, infarto agudo de miocardio reciente e hipotiroidismo, en orden de mayor frecuencia. Todos presentaron algún grado de angina clasificación CCS entre 2-4 (74.29% fue

**Tabla 2.** Características quirúrgicas (variables intraoperatorias)

| Tipo de cirugía       | n     | %            |
|-----------------------|-------|--------------|
| Electiva              | 34    | 97.14        |
| Urgencia              | 1     | 2.86         |
| Tiempo CEC Me (RIQ)   | 67    | (60-91)      |
| Tiempo pinza Me (RIQ) | 56    | (52-77)      |
| Vasoactivos           |       |              |
| Norepinefrina (dosis) | 0.11  | (0.1-0.15)   |
| Milrinone (dosis)     | 0.375 | (0.3-0.375)  |
| GLS (%) Me (RIQ)      | -12.5 | -8.6 - -15.3 |
| MV (%) Me (RIQ)       | 75    | 67-82        |

**Tabla 3.** Complicaciones cardiovasculares posoperatorias

| Separación de bomba | n  | %     |
|---------------------|----|-------|
| Fácil               | 29 | 82.86 |
| Difícil             | 6  | 17.14 |
| FA/TSV              | 7  | 20    |
| TV                  | 1  | 2.86  |
| BGC/CC              | 6  | 17.14 |
| IAM                 | 1  | 2.86  |
| Edema cardiogénico  | 7  | 20    |
| Crisis HTA          | 4  | 11.43 |

FA: fibrilación auricular; TSV: taquicardia supraventricular; TV: taquicardia ventricular; BGC: bajo gasto cardíaco; CC: choque cardiogénico; IAM: infarto agudo de miocardio; HTA: hipertensión arterial.

clase 2) y la mayoría tenían deterioro de la clase funcional según la clasificación de NYHA (97.15% entre NYHA 2-3) (Tabla 1).

De los 35 pacientes, 34 fueron sometidos a cirugía de revascularización miocárdica quirúrgica de manera electiva y la mayoría (31 pacientes) presentaba enfermedad coronaria de tres vasos o más. Respecto al destete de la circulación extracorpórea, 29 de 35 pacientes presentaron fácil salida de bomba, la mediana del tiempo de CEC fue de 67 minutos y la del tiempo de pinzamiento fue de 56 minutos. En todos se usaron milrinone y norepinefrina como vasoactivos; la mediana de lactato final fue de 2.26 y la del tiempo en UCI fue tres días. No se presentaron eventos de muerte y falla de extubación durante el seguimiento de los pacientes (Tabla 2 y 3).

**Tabla 4.** Comparaciones de valores de GLS según complicaciones posoperatorias

| GLS                        |                         | p      |
|----------------------------|-------------------------|--------|
| <b>FA/TSV</b>              |                         |        |
| <b>Sí</b>                  | <b>No</b>               |        |
| -13 (-8.4 - -14.3)         | -11.5 (-8.75 - -15.45)  | 0.9671 |
| <b>TV</b>                  |                         |        |
| <b>Sí</b>                  | <b>No</b>               |        |
| -5.9 (-5.9 - -5.9)         | -12.7 (-8.9 - -15.3)    | 0.1375 |
| <b>BGC/CC</b>              |                         |        |
| <b>Sí</b>                  | <b>No</b>               |        |
| -7.5 (-5.7 - -13.75)       | -12.9 (-9 - -13.3)      | 0.0919 |
| <b>IAM</b>                 |                         |        |
| <b>Sí</b>                  | <b>No</b>               |        |
| -5.9 (-5.9 - -5.9)         | -12.7 (-8.9 - -15.3)    | 0.1375 |
| <b>Edema cardiogénico</b>  |                         |        |
| <b>Sí</b>                  | <b>No</b>               |        |
| -8.6 (-7 - -13.7)          | -12.95 (-9.05 - -15.75) | 0.0578 |
| <b>Crisis HTA</b>          |                         |        |
| <b>Sí</b>                  | <b>No</b>               |        |
| -16.5 (-15.5 - -18.9)      | -11 (-8.4 - -14.3)      | 0.0111 |
| <b>Separación de bomba</b> |                         |        |
| <b>Difícil</b>             | <b>Fácil</b>            |        |
| -8.25 (-7.8 - -13.7)       | -12.9 (-9.1 - -15.6)    | 0.1101 |

En cuanto a la evaluación ecocardiográfica intraoperatoria, la mediana del GLS de ventrículo izquierdo fue de -12.5% y la del MW fue de 75%. Dentro del análisis bivariado, se observó que los pacientes que presentaron menor deformación descrita en la tabla 4, tenían mayor posibilidad de presentar bajo gasto cardíaco o choque, edema cardiogénico y/o difícil salida de bomba (Tablas 4 y 5).

## Discusión

La evaluación ecocardiográfica intraoperatoria es fundamental en la cirugía cardíaca<sup>13,14</sup>. Entre los parámetros ecocardiográficos actuales, la medición del GLS en el ventrículo izquierdo ha proporcionado una medición más precisa de la contractilidad regional y global<sup>3,15,20</sup> y, así mismo, mayor sensibilidad para detectar

**Tabla 5.** Comparaciones de valores de MW según complicaciones posoperatorias

| MW                         |                | p      |
|----------------------------|----------------|--------|
| <b>FA/TSV</b>              |                |        |
| <b>Sí</b>                  | <b>No</b>      |        |
| 84 (80-90)                 | 72 (67-80)     | 0.231  |
| <b>TV</b>                  |                |        |
| <b>Sí</b>                  | <b>No</b>      |        |
| 53 (53-53)                 | 76.5 (67-82)   | 0.0998 |
| <b>BGC/CC</b>              |                |        |
| <b>Sí</b>                  | <b>No</b>      |        |
| 70 (67-80)                 | 76.5 (67 : 82) | 0.61   |
| <b>IAM</b>                 |                |        |
| <b>Sí</b>                  | <b>No</b>      |        |
| 53 (53-53)                 | 76.5 (67-82)   | 0.0998 |
| <b>Edema cardiogénico</b>  |                |        |
| <b>Sí</b>                  | <b>No</b>      |        |
| 80 (65-80)                 | 73.5 (67-83)   | 0.8528 |
| <b>Crisis HTA</b>          |                |        |
| <b>Sí</b>                  | <b>No</b>      |        |
|                            | 75 (67-82)     |        |
| <b>Separación de bomba</b> |                |        |
| <b>Difícil</b>             | <b>Fácil</b>   |        |
| 67 (65-80)                 | 76.5 (70-83)   | 0.3076 |

una disfunción subclínica que pueda afectar la morbimortalidad, incluso cuando la FEVI se encuentra conservada<sup>15,20</sup>. Respecto al paciente con cardiopatía isquémica que requiere manejo quirúrgico, se han realizado varios estudios implementando el uso del GLS; sin embargo, no se ha definido completamente su valor pronóstico en morbimortalidad y complicaciones posoperatorias<sup>1,3,8,13,15,24,27</sup>.

Existen algunos estudios que sugieren que el GLS del ventrículo izquierdo puede ser un predictor independiente de resultados a largo plazo después de CABG, especialmente en los pacientes con FEVI conservada<sup>1,3,15,27</sup>. Uno de ellos es el publicado en el 2012 por Olsen et al., quienes intentaron determinar el valor pronóstico del GLS después de CABG, encontrando en su grupo de pacientes un valor promedio de GLS del ventrículo izquierdo de  $-13\%$ , el cual fue similar al valor del GLS

promedio ( $-12.24\%$ ) y mediana ( $-12.5\%$ ) de nuestro estudio<sup>1</sup>. Sin embargo, no existe, por el momento, un valor de referencia específico para el paciente coronario, descrito claramente en los artículos revisados, que permita definir anormalidad, y se mantiene como guía el valor  $-20\% \pm 2$  como punto de corte que indican las guías actuales<sup>28-31</sup>. Además, demostraron que un GLS reducido en pacientes con FEVI conservada es un predictor independiente de complicaciones cardiovasculares mayores (MACE, su sigla en inglés)<sup>1</sup>.

En el estudio de Gozdzik et al., evaluaron los cambios en la función ventricular y su correlación con la predicción de malos resultados tempranos y a largo plazo, y encontraron que el GLS fue un predictor para el tiempo de intubación, el uso de inotrópicos y la duración de la estancia en UCI<sup>3</sup>. Por otra parte, Kang et al. publicaron un estudio retrospectivo en el que se evaluó el valor pronóstico del GLS en comparación con la FEVI después de CABG, y se demostró que el GLS podría ayudar a diferenciar el pronóstico en pacientes con FEVI conservada<sup>15</sup>. Adicionalmente, en el 2022, Wakefield et al. divulgaron su estudio sobre GLS del ventrículo izquierdo durante el perioperatorio y su factor predictor de complicaciones, y determinaron que la medición del GLS posterior a circulación extracorpórea proporciona mejor valor pronóstico para predecir resultados posoperatorios<sup>27</sup>. En contraste, en nuestro estudio se documentó que los pacientes que presentaron bajo gasto o choque cardiogénico tuvieron valores de GLS menos negativos que aquellos que no presentaron dicha complicación ( $-7.5$  vs.  $-12.9$ ), comportamiento que fue similar para el edema pulmonar cardiogénico (GLS de  $-8.6$  vs.  $-12.95$ ). Adicionalmente, se observó un GLS bajo (menos negativo de  $-8.25\%$ ) en los pacientes con difícil salida de circulación extracorpórea. Por otra parte, los pacientes que presentaron crisis de hipertensión arterial tenían valores de GLS más negativos ( $-15.5$ :  $-18.9\%$ ) que la mediana del estudio y cercanos al valor normal descrito en la literatura.

En relación con el trabajo miocárdico, los resultados muestran diferencias pequeñas en los valores entre quienes se complican y quienes no, por lo que no se puede inferir ninguna afirmación con la predicción de complicaciones cardiovasculares posoperatorias ni correlacionar con la presencia de dificultad en la salida de circulación extracorpórea; sólo es posible indicar que la mayoría de pacientes estudiados presentaron eficiencia de trabajo miocárdico inferior al valor normal ( $\geq 95\%$ )<sup>33</sup>.

En cuanto a las limitaciones del estudio, está el bajo tamaño de muestra, lo cual sucedió porque en los últimos años se ha observado un aumento en las comorbilidades y en el compromiso de la función sistólica entre los pacientes que requieren cirugía de revascularización, lo que limita poder obtener un gran volumen de pacientes con FEVI preservada. Esto genera implicaciones en término del poder para detectar diferencias, por lo que los valores de p pueden no reflejar estrictamente la presencia o no de diferencias significativas entre los grupos; pese a ello, las diferencias en los valores para GLS pueden considerarse clínicamente relevantes. Por lo demás, la medición ecocardiográfica es una herramienta observador-dependiente; no obstante, los evaluadores contaban con un adecuado entrenamiento previo que fue intensificado antes de realizar el estudio, con el fin de brindar una mayor experticia en el uso de la ecocardiografía transesofágica.

Finalmente, en la revisión realizada, los autores no encontraron estudios previos que evaluaran el GLS y el MW del ventrículo izquierdo para predecir el riesgo de complicaciones cardiovasculares en el paciente llevado a cirugía de CABG. Por consiguiente, este estudio aporta información relevante que puede servir de base para nuevos estudios con mayores tamaños muestrales que puedan ser contrastados con los resultados obtenidos. Se requieren estudios que evalúen el desempeño predictivo del GLS y el MW en los desenlaces posoperatorios, que aporten información de gran aplicabilidad en el ejercicio profesional del anestesiólogo cardiovascular con el fin de optimizar los resultados perioperatorios.

## Conclusiones

El GLS del ventrículo izquierdo puede ayudar a predecir complicaciones cardiovasculares posoperatorias, como bajo gasto cardíaco, edema cardiogénico y difícil salida de bomba, en el paciente coronario llevado a cirugía de revascularización miocárdica. No está clara la utilidad del MW en el paciente coronario llevado a cirugía cardíaca, dado que es un parámetro nuevo en su uso y requiere mayor investigación y estudios en la implementación clínica del mismo.

## Financiamiento

Los autores declaran no haber recibido financiamiento para este estudio.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no conflicto de intereses.

## Consideraciones éticas

**Protección de personas y animales.** Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

**Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética.** Los autores han obtenido la aprobación del Comité de Ética para el análisis de datos clínicos obtenidos de forma rutinaria y anonimizados, por lo que no fue necesario el consentimiento informado. Se han seguido las recomendaciones pertinentes.

**Declaración sobre el uso de inteligencia artificial.** Los autores declaran que no utilizaron ningún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción de este manuscrito.

## Bibliografía

- Olsen FJ, Lindberg S, Pedersen S, Iversen A, Davidovski FS, Galatius S, et al. Global longitudinal strain predicts cardiovascular events after coronary artery bypass grafting. *Heart*. 2021;107(10):814-21.
- Durmaz T, Bayram H, Bayram N, Sari C, Keles T, Bastug S, et al. Effect of coronary artery bypass surgery on left ventricular function as assessed by strain and strain rate imaging. *Perfusion*. 2014;29(5):425-33.
- Gozdzik A, Letachowicz K, Grajek BB, Plonek T, Obrembska M, Jasinski M, et al. Application of strain and other echocardiographic parameters in the evaluation of early and long-term clinical outcomes after cardiac surgery revascularization. *BMC Cardiovasc Disord*. 2019;19(1):189.
- Liu R, Deng Y, Bi X, Liu Y, Xiong L, Chen L. Assessment of myocardial perfusion and systolic function in patients with coronary artery disease after coronary artery bypass surgery by myocardial contrast echocardiography and two-dimensional strain echocardiography. *J Huazhong Univ Sci Technol Med Sci*. 2009;29(5):664-8.
- Benjamin EJ, Muntner P, Alonso A, Bittencourt MS, Callaway CW, Carson AP, et al. Heart disease and stroke statistics-2019 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2019;139(10):e56-528.
- Van Domburg RT, Kappetein AP, Bogers AJJC. The clinical outcome after coronary bypass surgery: a 30-year follow-up study. *Eur Heart J*. 2009;30(4):453-8.
- Lüscher TF. Peri-operative care of cardiac patients: preventing myocardial injury, bleeding, and death. *Eur Heart J*. 2017;38(31):2379-81.
- Howard-Quijano K, Salem A, Barkulis C, Mazor E, Scovotti JC, Ho JK, et al. Preoperative three-dimensional strain imaging identifies reduction in left ventricular function and predicts outcomes after cardiac surgery. *Anesth Analg*. 2017;124(2):419-28.
- Go AS, Mozaffarian D, Roger VL, Benjamin EJ, Berry JD, Blaha MJ, et al. Heart disease and stroke statistics-2014 update. *Circulation*. 2014;129(3):e28-292.
- Home Page | STS [Internet]. [Citado 6 Jun 2023]. <https://www.sts.org/>.
- Pooria A, Pourya A, Gheini A. Postoperative complications associated with coronary artery bypass graft surgery and their therapeutic interventions. *Future Cardiol*. 2020;16(5):481-96.
- Thielmann M, Sharma V, Al-Attar N, Bulluck H, Bisleri G, Bunge JJ, et al. ESC Joint Working Groups on Cardiovascular Surgery and the Cellular Biology of the Heart Position Paper: peri-operative myocardial injury and infarction in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery. *Eur Heart J*. 2017;38(31):2392-411.
- Labus J, Winata J, Schmidt T, Nicolai J, Uhlig C, Sveric K, et al. Perioperative two-dimensional left ventricular global longitudinal strain in coronary artery bypass surgery: a prospective observational pilot study. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2022;36(1):166-74.
- Labus J, Foit A, Mehler O, Rahmanian P, Böttiger BW, Wetsch WA, et al. Intraoperative noninvasive left ventricular myocardial work indices in patients undergoing on-pump coronary artery bypass surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2023;37(2):221-31.

15. Kang HU, Nam JS, Kim JH, Chin JH, Choi IC. Incremental prognostic value of left ventricular longitudinal strain over ejection fraction in coronary artery bypass grafting. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2022; 36(12):4305-12.
16. Brainin P, Lindberg S, Olsen FJ, Pedersen S, Iversen A, Galatius S, et al. Early systolic lengthening by speckle tracking echocardiography predicts outcome after coronary artery bypass surgery. *Int J Cardiol Heart Vasc.* 2021;34:100799.
17. Ternacle J, Berry M, Alonso E, Kloeckner M, Couetil JP, Randé JLD, et al. Incremental value of global longitudinal strain for predicting early outcome after cardiac surgery. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2013;14(1):77-84.
18. Buckberg G, Hoffman JIE, Mahajan A, Saleh S, Coghlan C. Cardiac mechanics revisited: the relationship of cardiac architecture to ventricular function. *Circulation.* 2008;118(24):2571-87.
19. Benson MJ, Silverton N, Morrissey C, Zimmerman J. Strain imaging: an everyday tool for the perioperative echocardiographer. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2020;34(10):2707-17.
20. Zhang K, Sheu R, Zimmerman NM, Alfirevic A, Sale S, Gillinov AM, et al. A Comparison of global longitudinal, circumferential, and radial strain to predict outcomes after cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2019;33(5):1315-22.
21. Abuelkasem E, Wang DW, Omer MA, Abdelmoneim SS, Howard-Quijano K, Rakesh H, et al. Perioperative clinical utility of myocardial deformation imaging: a narrative review. *Br J Anaesth.* 2019;123(4):408-20.
22. Marcucci CE, Samad Z, Rivera J, Adams DB, Philips-Bute BG, Mahajan A, et al. A comparative evaluation of transesophageal and transthoracic echocardiography for measurement of left ventricular systolic strain using speckle tracking. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2012;26(1):17-25.
23. Kurt M, Tanboga IH, Isik T, Kaya A, Ekinci M, Bilen E, et al. Comparison of transthoracic and transesophageal 2-dimensional speckle tracking echocardiography. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2012;26(1):26-31.
24. Kukucka M, Nasser B, Tscherkaschin A, Mladenow A, Kuppe H, Habazettl H. The feasibility of speckle tracking for intraoperative assessment of regional myocardial function by transesophageal echocardiography. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2009;23(4):462-7.
25. Biering-Sørensen T, Biering-Sørensen SR, Olsen FJ, Sengeløv M, Jørgensen PG, Mogelvang R, et al. Global longitudinal strain by echocardiography predicts long-term risk of cardiovascular morbidity and mortality in a low-risk general population. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2017;10(3):e005521.
26. Biering-Sørensen T, Hoffmann S, Mogelvang R, Zeeberg Iversen A, Galatius S, Fritz-Hansen T, et al. Myocardial strain analysis by 2-dimensional speckle tracking echocardiography improves diagnostics of coronary artery stenosis in stable angina pectoris. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2014;7(1):58-65.
27. Wakefield BJ, Artis AS, Alfirevic A, Sale S, Duncan AE. Post-cardiopulmonary bypass longitudinal strain provides higher prognostic ability than baseline strain or change in strain. *Ann Card Anaesth.* 2022;25(4):505-13.
28. Clinical utility of echocardiographic strain and strain rate measurements | SpringerLink [Internet]. [Citado 8 Jun 2023]. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11886-021-01444-z>.
29. Smiseth OA, Torp H, Opdahl A, Haugaa KH, Urheim S. Myocardial strain imaging: how useful is it in clinical decision making? *Eur Heart J.* 2016;37(15):1196-207.
30. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015;28(1):1-39.e14.
31. Farsalinos KE, Daraban AM, Ünlü S, Thomas JD, Badano LP, Voigt JU. Head-to-head comparison of global longitudinal strain measurements among nine different vendors: The EACVI/ASE Inter-Vendor Comparison Study. *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr.* 2015;28(10):1171-81.e2.
32. Spetsotaki K, Zayat R, Donuru S, Autschbach R, Schnoering H, Hatam N. Evaluation of left ventricular myocardial work performance in patients undergoing on-pump and off-pump coronary artery bypass surgery. *Ann Thorac Cardiovasc Surg Off J Assoc Thorac Cardiovasc Surg Asia.* 2020;26(5):276-85.
33. Roemer S, Jaglan A, Santos D, Umland M, Jain R, Tajik AJ, et al. The utility of myocardial work in clinical practice. *J Am Soc Echocardiogr.* 2021;34(8):807-18.
34. Suga H. Total mechanical energy of a ventricle model and cardiac oxygen consumption. *Am J Physiol-Heart Circ Physiol.* 1979;236(3):H498-505.
35. Russell K, Eriksen M, Aaberge L, Wilhelmsen N, Skulstad H, Remme EW, et al. A novel clinical method for quantification of regional left ventricular pressure-strain loop area: a non-invasive index of myocardial work. *Eur Heart J.* 2012;33(6):724-33.