

Área strain como factor pronóstico de recuperación funcional en infarto del miocardio

Area strain as prognostic factor of functional recovering in myocardial infarction

Joaquín Ahumada-Pérez^{1a*}, Luis Antonio Moreno-Ruiz^{1b}, Carlos García-Cosío^{1c}, Ivan Silvestre-Flores^{1d}, Antonio Ruiz-Rivera^{1e}, Noe Fernando Zamorano-Velázquez^{1f}, Guadalupe Cleve Villanueva-López^{2g}

Resumen

Introducción: el área strain evalúa la deformación longitudinal y circunferencial en una sola medición. No hay estudios que avalen su utilidad para predecir la recuperación funcional en el infarto agudo de miocardio.

Objetivo: establecer el valor pronóstico del área strain medida dentro de los primeros siete días posteriores a la angioplastia exitosa para predecir la recuperación funcional.

Material y métodos: se realizó una cohorte prospectiva a tres meses. Se incluyeron pacientes con infarto agudo de miocardio (IAM) y angioplastia exitosa. Se realizó medición del área strain en los primeros siete días. La recuperación funcional se consideró como un incremento de la fracción de eyección $\geq$ al 10% medida tres meses después.

Resultados: se incluyeron 52 sujetos. El área strain $\leq -24.2\%$ se presentó en el 45.5% de los pacientes con recuperación funcional, con un riesgo relativo (RR) de 16.25 (IC95%: 2.55-103, $p = 0.003$). En el modelo multivariado, el área strain $\leq -24.2\%$ fue la única variable que tuvo significancia estadística, con una razón de odds (OR) de 13.15 (IC95%: 1.83-94, $p = 0.010$), ajustado por hipertensión arterial; OR de 12.7 (IC95%: 1.88-85.9, $p = 0.009$) ajustado por tiempo de isquemia ≤ 120 minutos, y un OR de 11.87 (IC95%: 1.66-84.5, $p = 0.013$) ajustado por tabaquismo.

Conclusiones: el área strain $\leq -24.2\%$ es un factor pronóstico de recuperación de la fracción de eyección ventricular izquierda (FEVI) $\geq 10\%$ a los tres meses en pacientes con infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST y angioplastia exitosa.

Abstract

Background: Area strain evaluates the longitudinal and circumferential deformation simultaneously. There are not studies that support its benefit in predicting functional recovering in myocardial infarction.

Objective: The aim was establish the prognostic value of the area strain measured within the first 7 days after successful angioplasty to predicting functional recovering.

Material and methods: A prospective cohort study was performed during 3-month follow-up. Patients with myocardial infarction treated with successful angioplasty were enrolled. The area strain was performed within the first 7 days. Functional recovering was defined as an improvement of the ejection fraction $\geq 10\%$ at 3-months follow-up.

Results: A total of 52 patients were enrolled. An area strain of $\leq -24.2\%$ appeared in the 45.5% of the patients with functional recovering, RR 16.25 (IC 95%: 2.55-103, $p = 0.003$). In the multivariate analyses the area strain of $\leq -24.2\%$ was the only variable with statistical significance with an OR of 13.15 (IC 95%: 1.83-94, $p = 0.010$) when was adjusted to hypertension, OR of 12.7 (IC 95%: 1.88-85.9, $p = 0.009$) adjusted to reperfusion time of 120 minutes and the OR was of 11.87 (IC 95%: 1.66-84.5, $p = 0.013$) adjusted to smoking.

Conclusions: An area strain of $\leq -24.2\%$ is a prognostic factor of improvement of ejection fraction of $\geq 10\%$ at 3-months follow-up in patients with myocardial infarction and successful angioplasty.

¹Instituto Mexicano del Seguro Social, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Hospital de Cardiología, Servicio de Gabinetes. Ciudad de México, México

²Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Medicina, Departamento de Posgrado e Investigación. Ciudad de México, México

*El autor es alumno de posgrado del Instituto Politécnico Nacional

ORCID: 0000-0002-4484-2301^a, 0000-0001-5339-3504^b, 0009-0002-6442-5430^c, 0000-0002-7316-2081^d, 0009-0007-7587-3489^e, 0000-0002-6738-8471^f, 0000-0003-2694-5902^g

Palabras clave
Infarto del Miocardio
Fracción de Eyección
Angioplastia
Pronóstico

Keywords
Myocardial Infarction
Ejection Fraction
Angioplasty
Prognostic

Fecha de recibido: 26/10/2024

Fecha de aceptado: 05/12/2024

Comunicación con:

Joaquín Ahumada Pérez

✉ dr.ahumada.cardio@gmail.com

☎ 55 5627 6900, extensión 22068

Cómo citar este artículo: Ahumada-Pérez J, Moreno-Ruiz LA, García-Cosío C *et al.* Área strain como factor pronóstico de recuperación funcional en infarto del miocardio. Rev Med Inst Mex Seguro Soc. 2025;63(2):e6591. doi: 10.5281/zenodo.14617002

Introducción

Los síndromes coronarios son la principal causa aislada de mortalidad y de pérdida de años de vida ajustados por discapacidad en el mundo.¹ México tiene una alta tasa de mortalidad en comparación con Europa y otros países de América Latina.² Los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía en México demostraron que, durante el primer semestre de 2023, las defunciones por enfermedades del corazón fueron la primera causa de muerte a nivel nacional, con 97,187 casos (25% del total de muertes registradas).³

Con el advenimiento de las estrategias de reperfusión, incluyendo la angioplastia coronaria, se ha disminuido la mortalidad en pacientes con infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST (IAM CEST).⁴ De acuerdo con el estudio RENASCA, en el contexto del programa Código Infarto, la mortalidad disminuyó del 21.1% al 9.4%.⁵ Sin embargo, hasta la mitad de los pacientes sometidos a un intervencionismo exitoso presentan obstrucción y disfunción microvascular coronaria, lo que trae como consecuencia reperfusión inadecuada y peor pronóstico.^{6,7} Como parte de las alteraciones morfológicas y funcionales resultantes, está el remodelado ventricular adverso (aumento del volumen telediastólico $\geq 20\%$), que sucede entre los primeros 3 a 6 meses posteriores al infarto, resultando en una disminución de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI), que es el principal factor pronóstico de eventos cardiovasculares adversos.^{8,9} Se han investigado nuevas técnicas ecocardiográficas para predecir la recuperación de la FEVI con el fin de optimizar la estratificación, así como mejorar la calidad de vida de este grupo de pacientes.^{10,11} Una de ellas es el *área strain*, que deriva del ecocardiograma tridimensional.^{12,13} Después de un infarto, la afectación de las fibras subendocárdicas y epicárdicas traduce transmuralidad y, por lo tanto, un mayor compromiso del evento isquémico agudo. El *área strain* es un parámetro que evalúa el cambio de *área* tomando en cuenta la deformación longitudinal de las fibras subendocárdicas y la deformación circunferencial de las fibras epicárdicas en una sola medición, por lo que se puede deducir que, si la deformación medida por *área strain* se encuentra más alterada, habrá menos posibilidad de recuperación funcional medida por FEVI; o viceversa, si el *área strain* está menos afectada, habrá mayor posibilidad de recuperación funcional.^{14,15}

En el presente estudio se evaluó el valor pronóstico del *área strain* medida dentro de los primeros 7 días posteriores a la angioplastia exitosa para predecir la recuperación de FEVI ($\geq 10\%$) a los 3 meses en pacientes con infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST.

Material y métodos

Población de estudio

Se realizó una cohorte prospectiva en el Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) entre mayo y diciembre de 2023. Se incluyeron 52 pacientes con un primer IAM CEST y angioplastia exitosa (primaria, de rescate o fármaco-invasiva), definida como flujo TIMI III (*trombolysis in myocardial infarction*) y BLUSH III, según el reporte oficial del procedimiento.^{16,17} La arteria responsable del infarto se definió de acuerdo con los hallazgos de la angiografía y por la evaluación del electrocardiograma (ECG). Los criterios de inclusión fueron: a) hombres y mujeres mayores de 18 años, b) diagnosticados con IAM CEST de acuerdo con las guías de práctica clínica vigentes,¹⁸ c) a quienes se les realizó angioplastia exitosa en sus diferentes modalidades (menos de 24 horas del inicio del dolor precordial). Los criterios de exclusión fueron: a) antecedente de infarto miocárdico, cirugía de revascularización o angioplastia previa, b) bloqueo de rama izquierda, arritmias o uso de marcapasos, c) miocardiopatía, d) valvulopatía significativa, e) choque en sus diferentes modalidades y paro cardiorrespiratorio, f) enfermedad neoplásica, g) enfermedad renal terminal, h) neumopatía crónica e i) descontrol hipertensivo durante el estudio (TA $\geq 140/90$ mmHg).

Protocolo de estudio

Se realizó un ecocardiograma basal dentro de los primeros 7 días después de la angioplastia exitosa. Se midieron parámetros ecocardiográficos convencionales en modo 2D, así como FEVI, volúmenes ventriculares y parámetros de strain en modo 3D. El valor del *área strain* se dividió en dos grupos: $> -24.2\%$ y $\leq -24.2\%$, de acuerdo con el estudio de Xu *et al.*¹⁹ A los 3 meses, se realizó un nuevo ecocardiograma, y la recuperación funcional se consideró como un incremento de la FEVI $\geq 10\%$ por método 3D. Todos los pacientes recibieron tratamiento estandarizado de acuerdo con las guías de práctica clínica. El trabajo fue aprobado por el Comité Local de Investigación en Salud número 3604 del Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI del IMSS con número de registro institucional R-2023-3604-017. Previo a cada estudio se obtuvo el consentimiento informado de los pacientes.

Datos clínicos

Después de la admisión, se adquirieron las siguientes variables cualitativas: 1) sexo, 2) comorbilidades: diabetes,

hipertensión arterial, tabaquismo, hipercolesterolemia, hipertrigliceridemia, sobrepeso y obesidad; 3) tipo de angioplastia; 4) tiempo de isquemia menor de 120 minutos; 5) arteria responsable del infarto; 6) tratamiento durante el período de seguimiento y 7) presencia de rehabilitación cardíaca.

Las variables cuantitativas fueron: 1) edad; 2) índice de masa corporal (kg/m^2); 3) tiempo de isquemia en minutos y 4) pico de troponinas de alta sensibilidad (HS).

Ecocardiografía

Todos los estudios se hicieron con un ecocardiógrafo modelo VividE95 de *General Electric* con transductor matricial de 5 Hz. Los datos fueron guardados y analizados en el mismo equipo. La adquisición de las imágenes se hizo con el paciente conectado al ECG en decúbito lateral izquierdo. Para el strain 2D se usó la técnica de *Speckle Tracking* en tres ciclos cardíacos consecutivos en apical 2, 3 y 4 cámaras con 50 a 90 *frame rates*. El seguimiento de los bordes endocárdicos fue semiautomatizado y solamente se ajustó manualmente el trazo en caso de requerirlo. Para la FEVI 3D, la adquisición se hizo mediante cortes tomográficos de todo el volumen ventricular izquierdo con 4 a 6 ciclos consecutivos, alcanzando de 25 a 50 frames/segundo.²⁰ El procesamiento de las imágenes se hizo utilizando el *software* del proveedor (auto 4D) que identificó automáticamente los bordes endocárdicos en telediástole y telesístole del ventrículo izquierdo en todas las vistas apicales y los ejes cortos.²¹ Finalmente, se obtuvieron el strain global longitudinal (SGL 3D), el strain global circunferencial (SGC 3D), el strain global radial (SGR 3D) y el área strain (AS), que se calcularon como el promedio de todos los valores picos regionales de los 17 segmentos miocárdicos.^{22,23}

Reproducibilidad

Se evaluó en todos los pacientes la variabilidad intra e interobservador del área strain usando coeficiente de correlación intraclass (CCI). Para evaluar la reproducibilidad intraobservador, la medición se realizó por el mismo operador dos semanas después de la primera medición, y para la evaluación de la variabilidad interobservador, un segundo ecocardiografista experimentado (con más de 10 años de experiencia) hizo nuevas mediciones directamente del equipo con los mismos datos obtenidos y sin conocer los resultados previos.

Análisis estadístico

Para describir las variables cualitativas, se usaron números absolutos y porcentajes. Las variables cuantitativas se describieron de acuerdo con su distribución, como media y desviación estándar (distribución normal) o mediana y percentil 25/75 (distribución no normal). Se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar el tipo de distribución y la pertinencia de los estadísticos descriptivos. Para comparar las variables del estado basal con el área strain (maniobra), se empleó la prueba *t* de Student para variables cuantitativas con distribución normal y la prueba *U* de Mann-Whitney para aquellas con distribución no normal; para variables cualitativas se usó la prueba chi cuadrada o prueba exacta de Fisher. Se consideró significativa una $p < 0.05$. Para estimar la relación entre las variables que resultaron estadísticamente significativas, incluyendo el área strain con la recuperación de FEVI a los 3 meses (análisis bivariado), se utilizó el riesgo relativo con intervalos de confianza (IC95%) mediante la prueba de Chi cuadrada o prueba exacta de Fisher como estimador del valor de *p*. Con las variables estadísticamente significativas en el análisis bivariado, se realizaron modelos mediante regresión logística binaria para determinar la asociación independiente con la recuperación de FEVI. El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS versión 22.0.0.0 (IBM Company).

Resultados

Las características generales se presentan en el **cuadro I**.

En nuestro estudio se incluyeron 52 pacientes con IAM CEST y angioplastia exitosa, la mayoría de ellos, hombres (86.5%). El tipo de angioplastia realizado con mayor frecuencia fue la primaria, en un 53.8%, y la arteria responsable del infarto fue, en su mayoría, la descendente anterior, en un 67.3%. El tiempo de isquemia tuvo una mediana de 312 minutos (171/520), y solo el 15.4% de los pacientes tuvo un tiempo de reperfusión ≤ 120 minutos. Todos los pacientes recibieron tratamiento con estatinas y doble antiagregación plaquetaria (aspirina y clopidogrel).

Las características ecocardiográficas basales y en el seguimiento a los tres meses se resumen en el **cuadro II**.

Se realizó el índice de correlación intraclass (CCI) del área strain en 15 sujetos para evaluar la variabilidad intra e interobservador, siendo de 0.975 y 0.955, respectivamente. El área strain $\leq -24.2\%$ se encontró solo en el 13% de los casos, y la recuperación de la FEVI $\geq 10\%$ en el 21% del total de los casos. El valor del área strain en los pacientes que recuperaron la

Cuadro I Características generales de los pacientes con infarto agudo del miocardio sometidos a angioplastia exitosa de acuerdo al valor del área strain

Variable	Total n = 52	Área strain > -24.2% n = 45	Área strain ≤ -24.2% n = 7	p
Edad, media (± DE) ¹ , años	59.94 (±12)	60.24 (±11.9)	58 (±13.4)	0.652
Sexo hombre, n (%) ²	45 (86.5)	39 (86.7)	6 (85.7)	0.945
IMC, mediana (25/75) ³ , kg/m ²	26 (24/29)	26 (24/29)	27 (25/29)	0.545
Comorbilidades, n (%)				
Diabetes mellitus	16 (30.8)	13 (28.9)	3 (42.9)	0.456
Hipertensión	21 (40.4)	20 (44.4)	1 (14.3)	0.130
Tabaquismo	30 (57.7)	23 (51.1)	7 (100)	0.015
Tiempo de isquemia ≤ 120 minutos, n (%)	8 (15.4)	5 (11.1)	3 (42.9)	0.030
Arteria reponsable del infarto, n (%)				
Descendente anterior	35 (67.3)	32 (71.1)	3 (42.9)	0.138
Coronaria derecha	7 (13.5)	4 (8.9)	3 (42.9)	0.064
Pico de troponina HS, mediana (25/75), ng/ml	3800 (1634/6679)	4918 (2152/6766)	1824 (597/2891)	0.086
Tratamiento durante el seguimiento, n (%)				
IECA/ARA 2	32 (61.5)	27 (60)	5 (71.4)	0.563
Betabloqueadores	48 (92.3)	43 (95.6)	5 (71.4)	0.026
SGLT2	31 (59.6)	29 (64.4)	2 (28.6)	0.072
Rehabilitación cardíaca, n (%)	44 (84.6)	37 (82.2)	7 (100)	0.225

DE: desviación estándar; n: número; IMC: índice de masa corporal; HS: alta sensibilidad; 3D: tridimensional; VTD: volumen telediastólico; VTS: volumen telesistólico; FEVI: fracción de expulsión del ventrículo izquierdo; IECA: inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina; ARA 2: antagonista del receptor de angiotensina 2; ARNI: inhibidor de neprilisina y receptor de angiotensina; SGLT2: inhibidores del cotransportador de sodio glucosa tipo 2

¹Los valores son presentados como media y DE con *t* de Student para distribución normal

²Para los valores que son presentados como porcentaje se uso Chi cuadrada o prueba exacta de Fisher

³Valores presentados como mediana y percentiles con *U* de Mann-Whitney para libre distribución

Cuadro II Características ecocardiográficas en pacientes con y sin recuperación de FEVI ≥ 10% al inicio del estudio y a los tres meses

Características ecocardiográficas	Total n = 52	Recuperación de FEVI n = 11	Sin recuperación de FEVI n = 41	p ^a
VTD 3D, mediana (25/75), ml/m ²				
Basal	57 (48/64)	56 (44/62)	59 (48/65)	0.670
Seguimiento	63 (57/75)	59 (54/65)	64 (52/76)	0.171
VTS 3D, mediana (25/75), ml/m ²				
Basal	30 (25/34)	27 (25/38)	30 (25/34)	0.796
Seguimiento	30 (23/40)	26 (21/30)	32 (24/41)	0.061
FEVI 3D, mediana (25/75), %				
Basal	47 (42/52)	49 (39/52)	47 (44/51)	0.973
Seguimiento	51 (45/57)	61 (51/63)	51 (44/55)	0.003
Área strain, mediana (25/75), %				
Basal	-17 (-21/-14)	-22 (-26/-16)	-17 (-20/-14)	0.034
Seguimiento	-23 (-25/-19)	-26 (-28/-23)	-21 (-24/-17)	0.002

^aValores presentados como mediana y percentiles con *U* de Mann-Whitney para libre distribución

VTD: volumen telediastólico; VTS: volumen telesistólico; FEVI: fracción de expulsión del ventrículo izquierdo; 3D: tridimensional

FEVI tuvo una mediana de -22% (-26/-16) (figura 1). En el modelo bivariado (cuadro III), las variables que mostraron significancia estadística para la recuperación de FEVI $\geq 10\%$ fueron el área strain $\leq -24.2\%$, con un RR de 16.25 (IC95%: 2.55-103, $p = 0.003$), la hipertensión arterial con un RR de 0.10 (IC95%: 0.01-0.89, $p = 0.034$) y el tiempo de isquemia ≤ 120 minutos con un RR de 5.28 (IC95%: 1.06-26.2, $p = 0.042$).

En los modelos multivariados (cuadro IV), la única variable que mostró significancia estadística fue el área strain, con un OR de 13.15 (IC95%: 1.83-94, $p = 0.010$) ajustado por hipertensión arterial, un OR de 12.7 (IC95%: 1.88-85.9, $p = 0.009$) ajustado por tiempo de isquemia ≤ 120 minutos y un OR de 11.87 (IC95%: 1.66-84.5, $p = 0.013$) ajustado por la presencia de tabaquismo.

Discusión

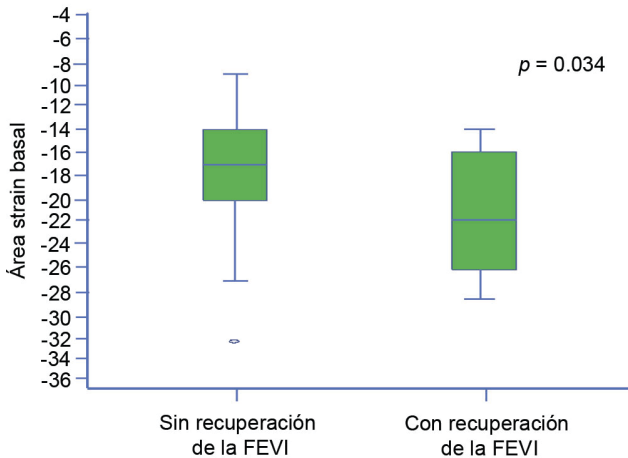
Los resultados del presente estudio demuestran que el área strain puede ser un método de utilidad clínica en la valoración de la función sistólica de pacientes posterior a un

infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST. Hasta donde sabemos, según la revisión de la literatura, no existen estudios que demuestren específicamente la recuperación funcional medida por FEVI $\geq 10\%$ usando como predictor el parámetro de área strain. La mayoría de los estudios evalúan directamente el remodelado ventricular, y aunque algunos evalúan la recuperación funcional, lo hacen tomando como parámetro otras modalidades de strain, como el strain global longitudinal 2D y 3D. Abate *et al.* valoraron la deformación longitudinal en 3D (strain longitudinal 3D) para predecir la mejoría de la función ventricular posterior a un infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST, pero utilizaron como marcador de recuperación de FEVI el corte de $\geq 5\%$, medida a los 6 meses.²⁴ En este sentido, nosotros utilizamos un valor de corte mayor para demostrar mejoría real de la función sistólica y evitar los sesgos atribuibles a la variabilidad de la medición entre diferentes observadores. Por otra parte, el tiempo de valoración que empleamos fue menor (3 meses), puesto que el remodelado ventricular puede valorarse desde dicho período de tiempo.²⁵

En nuestro estudio, un área strain $\leq -24.2\%$ (mejor deformación miocárdica) se asoció con mayor probabilidad de que los pacientes recuperaran la FEVI $\geq 10\%$, y de manera inversa, los pacientes que tuvieron un área strain $> -24.2\%$ (peor deformación miocárdica) se asociaron con menor probabilidad de recuperación funcional.

Estos resultados están en concordancia con lo demostrado por Xu *et al.* quienes demostraron en el mismo grupo de pacientes que el área strain $> -24.2\%$ es un factor independiente para predecir el remodelado ventricular izquierdo (dilatación ventricular). Dichos autores valoraron todos los parámetros 3D para deformación cardíaca, buscando el mejor predictor entre ellos para el remodelado ventricular; sin embargo, nuestro objetivo principal fue solo valorar el área strain como factor pronóstico de recuperación funcional con el mejor punto de corte encontrado para dicho parámetro en el estudio mencionado, y en el entendimiento de que los pacientes que remodelan adversamente recuperan menos FEVI.

Figura 1 Comparación del área strain basal de acuerdo a la recuperación o no de FEVI $\geq 10\%$ en pacientes con infarto del miocardio



Cuadro III Análisis bivariado para predecir recuperación de FEVI a los tres meses en pacientes con infarto agudo del miocardio sometidos a angioplastia primaria

Variable	Recuperación de FEVI <i>n</i> = 11 (%)	Sin recuperación de FEVI <i>n</i> = 41 (%)	RR	IC95%		<i>p</i>
				Inf	Sup	
Hipertensión	1 (9.1)	20 (48.8)	0.10	0.01	0.89	0.034
Tabaquismo	9 (81.8)	21 (51.2)	4.28	0.82	22.31	0.084
Uso de betabloqueador	10 (90.9)	38 (92.7)	0.78	0.07	8.42	0.845
Tiempo de isquemia ≤ 120 minutos	4 (36.4)	4 (9.8)	5.28	1.06	26.2	0.042
Área strain $\leq -24.2\%$	5 (45.5)	2 (4.9)	16.25	2.55	103	0.003

RR: riesgo relativo; IC: intervalo de confianza; FEVI: fracción de expulsión del ventrículo izquierdo

Cuadro IV Análisis multivariado para predecir recuperación de FEVI a los tres meses en pacientes con infarto agudo del miocardio sometidos a angioplastia primaria

Variable	B	OR	IC		p	R ^{2a}
			Inf	Sup		
Modelo 1						
Área strain ≤ -24.2%	2.57	13.15	1.83	94	0.010	0.373
Hipertensión arterial	-2.03	0.13	0.01	1.26	0.078	
Modelo 2						
Área strain ≤ -4.2%	2.54	12.7	1.88	85.9	0.009	0.306
Tiempo de isquemia ≤ 120 minutos	1.18	3.27	0.50	21.1	0.212	
Modelo 3						
Área strain ≤ -24.2%	2.47	11.87	1.66	84.5	0.013	0.287
Tabaquismo	-0.74	0.47	0.07	2.90	0.420	

^aCoeficiente de determinación mediante regresión logística binaria
OR: Odds ratio; IC: intervalo de confianza

Las otras variables que tuvieron relevancia clínica en nuestra investigación fueron la presencia de hipertensión arterial y el tiempo de isquemia ≤ 120 minutos. La presencia de hipertensión arterial se asoció con menor recuperación funcional, lo que se puede explicar por el incremento sostenido de la poscarga en este grupo de pacientes. En nuestro estudio se corroboró el concepto básico de que “*e/ tiempo es músculo*”, ya que, a menor tiempo de isquemia, mayor fue la probabilidad de recuperación funcional medida por FEVI.

Los hallazgos encontrados son importantes, ya que ponderan los efectos de la mecánica ventricular (área strain) con la posibilidad o no de recuperación funcional, y pueden estimular más investigaciones en este grupo de pacientes. Aunque, en la realidad clínica, existen muchos factores que intervienen en la recuperación funcional a pesar de una angioplastia exitosa, como la afectación microvascular, como demostraron Huttin *et al.*, quienes encontraron que el mejor predictor de deformación miocárdica 3D para enfermedad microvascular en pacientes infartados con angioplastia exitosa fue precisamente el área strain, con un valor de corte de -16.1% .²⁶ Las limitaciones que encontramos en la presente investigación fueron: a) el número de pacientes estudiados, ya que el desenlace (recuperación de FEVI) se presentó solo en 11 pacientes, lo que nos impidió incluir más variables en los modelos multivariados; b) incluimos pacientes sin importar su valor de FEVI medida en los primeros días posteriores al intervencionismo exitoso, aunque podría ser útil valorar en otro estudio exclusivamente a los pacientes con FEVI reducida (por ejemplo, menor del 40%) para evaluar al grupo de sujetos que se beneficiarían más con una recuperación sustancial de la FEVI; c) el criterio de angioplastia exitosa se obtuvo del reporte oficial referido en el expediente clínico, el cual solo fue validado por el hemodinamista que realizó

el procedimiento; d) el tiempo que se utilizó para medir la deformación miocárdica y la FEVI inicial fue dentro de los primeros 7 días de la angioplastia exitosa por cuestiones logísticas del hospital donde se llevó a cabo el estudio; e) la medición del área strain fue tomando como referencia un valor de corte para predecir remodelado ventricular de acuerdo con la literatura consultada, por lo que valdría la pena buscar el valor de corte mediante análisis de curvas ROC que mejor prediga la recuperación de FEVI $\geq 10\%$ en nuestro medio. Por otra parte, sería también interesante buscar el mejor predictor de recuperación de FEVI utilizando los otros parámetros de la deformación 3D e incluso 2D. Finalmente, en estudios posteriores podría revalorarse la recuperación funcional en un tiempo de seguimiento mayor y comparar ambos períodos de tiempo.

Conclusiones

Encontramos que el área strain $\leq -24.2\%$ es un factor independiente para predecir la recuperación de FEVI $\geq 10\%$ en pacientes con infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST y angioplastia exitosa.

Agradecimientos

Los autores agradecen en especial al personal médico y de enfermería del servicio de Gabinetes del Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI del IMSS.

Declaración de conflicto de interés: los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno que tuviera relación con este artículo.

Referencias

1. Ralapanawa U, Sivakanesan R. Epidemiology and the Magnitude of Coronary Artery Disease and Acute Coronary Syndrome: A Narrative Review. *J Epidemiol Glob Health*. 2021;11(2):169-177. doi: 10.2991/jegh.k.201217.001.
2. Pérez-Cuevas R, Contreras-Sánchez SE, Doubova SV, et al. Gaps between supply and demand of acute myocardial infarction treatment in Mexico. *Salud Publica Mex*. 2020;62(5):540-9. Disponible en: <https://www.saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/11032>.
3. INEGI: Comunicado de prensa número 26/24 del 24 de enero de 2024, página 1/27. <https://www.inegi.org.mx/app/saladeprensa/noticia.html>.
4. Mora-Solórzano L, Gutiérrez-Díaz GI, Gudiño-Amezcu DA, et al. Características clínicas de pacientes con infarto agudo de miocardio tratados con trombólisis. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2020;58(2):100-107. doi: 10.24875/RMIMSS.M20000006.
5. Borrayo-Sánchez G, Rosas-Peralta M, Ramírez-Arias E, et al; RENASCA IMSS group. STEMI and NSTEMI: Real-world Study in Mexico (RENASCA). *Arch Med Res*. 2018;49(8):609-619. doi: 10.1016/j.arcmed.2019.01.005.
6. Li Y, Yu J, Wang Y. Mechanism of Coronary Microcirculation Obstruction after Acute Myocardial Infarction and Cardioprotective Strategies. *Rev Cardiovasc Med*. 2024;25(10):367. doi: 10.31083/j.rcm2510367.
7. Heusch G. Myocardial ischaemia-reperfusion injury and cardioprotection in perspective. *Nat Rev Cardiol*. 2020;17(12):773-789. doi: 10.1038/s41569-020-0403-y.
8. Pezel T, Besseyre des Horts T, Schaaf M, et al. Predictive value of early cardiac magnetic resonance imaging functional and geometric indexes for adverse left ventricular remodeling in patients with anterior ST-segment elevation myocardial infarction: A report from the CIRCUS study. *Arch Cardiovasc Dis*. 2020;113(11):710-720. doi: 10.1016/j.acvd.2020.05.024.
9. Legallois D, Hodzic A, Alexandre J, et al. Definition of left ventricular remodelling following ST-elevation myocardial infarction: a systematic review of cardiac magnetic resonance studies in the past decade. *Heart Fail Rev*. 2022;27(1):37-48. doi: 10.1007/s10741-020-09975-3.
10. Meimoun P, Abdani S, Stracchi V, et al. Usefulness of Non-invasive Myocardial Work to Predict Left Ventricular Recovery and Acute Complications after Acute Anterior Myocardial Infarction Treated by Percutaneous Coronary Intervention. *J Am Soc Echocardiogr*. 2020;33(10):1180-1190. doi: 10.1016/j.echo.2020.07.008.
11. Ben Driss A, Ben Driss Lepage C, Sfaxi A, et al. Strain predicts left ventricular functional recovery after acute myocardial infarction with systolic dysfunction. *Int J Cardiol*. 2020;307:1-7. doi: 10.1016/j.ijcard.2020.02.039.
12. Zhong J, Liu P, Li S, et al. A Comparison of Three-Dimensional Speckle Tracking Echocardiography Parameters in Predicting Left Ventricular Remodeling. *J Healthc Eng*. 2020;2020:8847144. doi: 10.1155/2020/8847144.
13. Nabeshima, Seo Y, Takeuchi, M. A review of current trends in three-dimensional analysis of left ventricular myocardial strain. *Cardiovasc Ultrasound* 2020;18:23. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12947-020-00204-3>.
14. Ali YA, Alashry AM, Saad MT, et al. A Pilot Study to Predict Future Cardiovascular Events by Novel Four-dimensional Echocardiography Global Area Strain in ST-Elevation Myocardial Infarction Patients Managed by Primary Percutaneous Coronary Intervention. *J Cardiovasc Echogr*. 2020;30(2):82-87. doi: 10.4103/jcecho.jcecho_68_19.
15. Cho EJ. Clinical Implication (Application) of Measurement of LV Function by Three-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography: Three-Dimensional Myocardial Strain for the Prediction of Clinical Events in Patients With ST-Segment Elevation Myocardial Infarction. *J Cardiovasc Imaging*. 2022;30(3):197-201. doi: 10.4250/jcvi.2022.0059.
16. Maruszak N, Pilch W, Januszek R, et al. Risk Factors of Sub-optimal Coronary Blood Flow after a Percutaneous Coronary Intervention in Patients with Acute Anterior Wall Myocardial Infarction. *J Pers Med*. 2023;13(8):1217. doi: 10.3390/jpm13081217.
17. Tang N, Chen X, Li K, et al. Myocardial Perfusion in ST-Segment Elevation Myocardial Infarction Patients After Percutaneous Coronary Intervention: Influencing Factors and Intervention Strategies. *Cureus*. 2023;15(8):e42841. doi: 10.7759/cureus.42841.
18. Byrne RA, Rossello X, Coughlan JJ, et al; ESC Scientific Document Group. 2023 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes. *Eur Heart J*. 2023;44(38):3720-3826. doi: 10.1093/eurheartj/ehad191. Erratum in: *Eur Heart J*. 2024;45(13):1145.
19. Xu L, Huang X, Ma J, et al. Value of three-dimensional strain parameters for predicting left ventricular remodeling after ST-elevation myocardial infarction. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2017;33(5):663-673. doi: 10.1007/s10554-016-1053-3.
20. Dissabandara T, Lin K, Forwood M, et al. Validating real-time three-dimensional echocardiography against cardiac magnetic resonance, for the determination of ventricular mass, volume and ejection fraction: a meta-analysis. *Clin Res Cardiol*. 2024;113(3):367-392. doi: 10.1007/s00392-023-02204-5.
21. Jenkins C, Tsang W. Three-dimensional echocardiographic acquisition and validity of left ventricular volumes and ejection fraction. *Echocardiography*. 2020;37(10):1646-1653. doi: 10.1111/echo.14862.
22. Choi W, Kim CH, Hwang IC, et al. Three-Dimensional Myocardial Strain for the Prediction of Clinical Events in Patients With ST-Segment Elevation Myocardial Infarction. *J Cardiovasc Imaging*. 2022;30(3):185-196. doi: 10.4250/jcvi.2022.0013.
23. El-Naggar HM, Osman AS, Ahmed MA, et al. Three-dimensional echocardiographic assessment of left ventricular geometric changes following acute myocardial infarction. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2023 Mar;39(3):607-620. doi: 10.1007/s10554-022-02764-z. Erratum in: *Int J Cardiovasc Imaging*. 2023;39(9):1839. doi: 10.1007/s10554-023-02855-5.
24. Abate E, Hoogslag GE, Antoni ML, et al. Value of three-dimensional speckle-tracking longitudinal strain for predicting improvement of left ventricular function after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol*. 2012;110(7):961-7. doi: 10.1016/j.amjcard.2012.05.023.
25. Van der Bijl P, Abou R, Goedemans L, et al. Left ventricular remodelling after ST-segment elevation myocardial infarction: sex differences and prognosis. *ESC Heart Fail*. 2020;7(2):474-481. doi: 10.1002/ehf2.12618.
26. Huttin O, Zhang L, Lemarié J, et al. Global and regional myocardial deformation mechanics of microvascular obstruction in acute myocardial infarction: a three dimensional speckle-tracking imaging study. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2015;31(7):1337-46. doi: 10.1007/s10554-015-0690-2.