

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA DE POSTGRADO



**CARACTERIZACIÓN IMAGENOLÓGICA POR RESONANCIA MAGNÉTICA
CARDIACA DE PACIENTES CON ENFERMEDAD CARDIACA MULTIVASOS EN
HOSPITAL ROSALES, DEL 01 DE JUNIO 2022 AL 30 DE JUNIO 2023**

Autores:

Dra. LAURA VERÓNICA AMAYA BELTRÁN

Dr. CARLOS ERNESTO REYES PORTILLO

Para Optar al Título de:

ESPECIALISTA EN MEDICINA INTERNA

Asesor de tesis:

Dra. Jessica Mirella Mercedes

Ciudad Universitaria “Dr. Fabio Castillo Figueroa”, El Salvador, enero, 2026

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD

RECTOR

M.Sc. Juan Rosa Quintanilla

VICERRECTORA ACADÉMICA

Dra. Evelyn Beatriz Farfán

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

M.Sc. Roger Arias

SECRETARIO GENERAL.

Lic. Pedro Rosalío Escobar Castaneda

AUTORIDADES DE LA FACULTAD

DECANO

Dr. Saúl Díaz Peña

VICEDECANO

M.SC. Franklin Arnulfo Méndez Durán

SECRETARIO

Msp. Roberto Carlos Hernández Marroquín

DIRECTOR DE ESCUELA DE MEDICINA

Dr. Douglas Alfredo Velásquez Raimundo

DIRECTORA DE ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD

M.SC. Mónica Raquel Ventura de Ramos

DIRECTOR DE ESCUELA DE POSTGRADO

Dr. Edwar Alexander Herrera Rodríguez

COORDINADORA DE LOS PROGRAMAS DE MAESTRÍAS

Dra. Blanca Aracely Martínez

COORDINADORA DE ESPECIALIDADES MÉDICAS

Dra. Claudia Margarita de Blanco

ÍNDICE

RESUMEN	2
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS.....	4
MATERIALES Y MÉTODOS	5
TIPO DE DISEÑO	5
POBLACIÓN Y MUESTRA	5
MÉTODO DE RECOGIDA DE DATOS.....	8
OPERATIVIZACIÓN DE VARIABLES	9
DESCRIPCIÓN Y DEFINICIÓN DE LA INTERVENCIÓN	12
ENTRADA Y GESTIÓN INFORMÁTICA DE LOS DATOS.....	13
ESTRATEGIA DE ANÁLISIS	13
RESULTADOS	15
DISCUSIÓN.....	23
CONCLUSIONES	26
RECOMENDACIONES.....	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

RESUMEN

Introducción: La resonancia magnética cardiaca (RMC) con realce tardío de gadolinio (LGE) cuantifica función, volúmenes y fibrosis con alta precisión, y es referencia para evaluar viabilidad en cardiopatía isquémica.

Métodos: Estudio observacional, analítico y unicéntrico (junio 2022–junio 2023) en enfermedad coronaria multivazo confirmada por coronariografía y evaluada con RMC cine SSFP y LGE. Viabilidad definida como ≥ 10 segmentos con transmuralidad $< 50\%$. Comparaciones por extensión (bivascular vs trivascular) y por viabilidad mediante diferencia de localización de Hodges–Lehmann (ΔHL , IC95 %), delta de Cliff (δ , IC95 %), prueba exacta de Fisher y correlación de Spearman cuando aplicó. $\alpha = 0.05$.

Resultados: Se incluyeron 13 pacientes (62 % bivascular, 38 % trivascular). El grupo trivascular presentó menor FEVI (RMC 26.0 vs 37.0 %; $p = 0.03$), peor mecánica longitudinal (MAPSE 4.6 vs 11.1 mm; $p = 0.01$) y tendencia a mayor dilatación (VTDVi 137.7 vs 109.6 mL/m²; $p = 0.07$). La viabilidad se observó en 8/13 (62 %) y se asoció con menor fibrosis (%LGE/MV 21.3 vs 33.1; $p < 0.01$; masa LGE 22.0 vs 62.0 g; $p < 0.01$) y menor VTDVi (109.6 vs 137.7 mL/m²; $p = 0.03$).

Conclusiones: En enfermedad multivazo, mayor extensión angiográfica se relaciona con peor función sistólica y remodelado. La RMC con LGE identifica un fenotipo viable con menor fibrosis y mejor mecánica longitudinal, apoyando su uso rutinario para la selección y expectativas de revascularización.

Palabras clave (DeCS): Enfermedad coronaria multivazo; Viabilidad miocárdica; Resonancia magnética cardiaca; Realce tardío con gadolinio; Disfunción ventricular izquierda; Revascularización miocárdica; Fibrosis miocárdica; Fracción de eyección ventricular izquierda.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad coronaria multivaso se asocia a disfunción ventricular izquierda y a un mayor riesgo cardiovascular. La indicación de revascularización no depende únicamente de la extensión angiográfica, sino de la presencia de miocardio viable, con potencial de recuperación funcional tras el restablecimiento del flujo coronario. Distinguir entre miocardio viable y tejido necrótico resulta fundamental para optimizar la toma de decisiones terapéuticas y evitar intervenciones con bajo beneficio funcional.

Los métodos convencionales, como la coronariografía y el ecocardiograma, aportan información anatómica y funcional limitada, no permiten una caracterización tisular precisa. En este contexto, la resonancia magnética cardíaca (RMC) con realce tardío de gadolinio se ha consolidado como la técnica de referencia para la cuantificación de volúmenes, función ventricular y fibrosis miocárdica, así como para la evaluación objetiva de la viabilidad miocárdica mediante la extensión y transmuralidad del daño.

En El Salvador, la implementación clínica de la RMC es reciente y la evidencia local sobre su utilidad en pacientes con enfermedad coronaria multivaso es escasa. Este estudio se justifica por la necesidad de generar evidencia que respalde el uso sistemático de la RMC en la evaluación de viabilidad miocárdica, contribuyendo a una mejor selección de candidatos a revascularización y a una toma de decisiones clínicas más precisa y basada en evidencia.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Caracterización imagenológica por resonancia magnética cardiaca de pacientes con enfermedad cardiaca multivasos en Hospital Rosales, del 01 de junio de 2022 al 30 de junio de 2023

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Identificar las variables demográficas, factores de riesgo cardiovascular y antecedentes de enfermedad cardiovascular en pacientes evaluados mediante resonancia magnética cardiaca
2. Analizar la asociación entre la extensión angiográfica de la enfermedad y la función cardiaca basal por ecocardiografía y resonancia magnética incluyendo parámetros de remodelado estructural.
3. Evaluar viabilidad cardiaca a través de parámetros de resonancia magnética cardiaca en pacientes con enfermedad coronaria multivaso.

MATERIALES Y MÉTODOS

TIPO DE DISEÑO

Se realizó un estudio observacional, analítico y retrospectivo de tipo transversal, orientado a comparar las características clínicas, angiográficas y de viabilidad miocárdica entre pacientes con enfermedad coronaria bivasculare y trivasculare.

El análisis se basó en los estudios de resonancia magnética cardíaca (RMC) realizados en el Servicio de Radiología, Unidad de Resonancia Magnética indicados por Cardiología y Cirugía Cardiovascular del Hospital Nacional Rosales, utilizando las variables demográficas, clínicas y de imagen obtenidas en la base institucional.

POBLACIÓN Y MUESTRA

La población diana estuvo constituida por los pacientes con enfermedad coronaria multivascular candidatos a evaluación de viabilidad miocárdica mediante resonancia magnética cardíaca.

La población de estudio correspondió a los pacientes con diagnóstico angiográfico de enfermedad coronaria multivascular atendidos en el Servicio de Cardiología del Hospital Nacional Rosales, en quienes se realizó un estudio de resonancia magnética cardíaca con protocolo completo de viabilidad entre junio de 2022 y junio de 2023.

La muestra se conformó mediante un muestreo consecutivo, incluyendo la totalidad de los pacientes que cumplieron los criterios de inclusión y no presentaron criterios de exclusión durante el periodo de estudio. Dado que se incorporaron todos los casos disponibles, la muestra se considera de tipo censal.

Criterios de inclusión

- Pacientes mayores de 18 años con diagnóstico angiográfico de enfermedad coronaria multivaso, definida por la presencia de estenosis significativa ($\geq 70\%$) en dos o más vasos epicárdicos principales.
- Disponibilidad de estudio de resonancia magnética cardíaca (RMC) con protocolo completo de viabilidad, incluyendo secuencias en modo cine y realce tardío de gadolinio (LGE).
- Historia clínica completa con registro de variables demográficas, antecedentes cardiovasculares, factores de riesgo y parámetros funcionales basales.
- Estudios realizados en el Servicio de Cardiología del Hospital Nacional Rosales dentro del periodo comprendido entre junio de 2022 y junio de 2023.

Criterios de exclusión

- Calidad de imagen inadecuada o presencia de artefactos que impidieran la cuantificación del realce tardío o la medición de volúmenes ventriculares.
- Protocolos de RMC incompletos o con ausencia de secuencias necesarias para el análisis de viabilidad.
- Contraindicación para la resonancia magnética o para el uso de gadolinio, incluyendo insuficiencia renal avanzada, alergia documentada al contraste o presencia de marcapasos, desfibrilador o cualquier dispositivo intracardiaco no compatible con RMC.
- Falta de coronariografía diagnóstica o imposibilidad de determinar el número de vasos afectados.
- Registros clínicos incompletos que impidieran el análisis estadístico o la clasificación funcional del paciente.

Método de muestreo

Se empleó un muestreo consecutivo de tipo censal, incluyendo la totalidad de los pacientes que cumplieron los criterios de inclusión y no presentaron criterios de exclusión entre el 1 de junio de 2022 y el 30 de junio de 2023 en el Servicio de Cardiología del Hospital Nacional Rosales. Dado que se incorporaron todos los casos elegibles durante el periodo, el muestreo se consideró no probabilístico, consecutivo y censal.

Cálculo del tamaño de la muestra

No se realizó un cálculo previo del tamaño muestral debido a que el estudio utilizó un muestreo consecutivo de tipo censal, incluyendo la totalidad de los pacientes que cumplieron los criterios de inclusión durante el periodo de estudio (1 de junio de 2022 al 30 de junio de 2023).

En este tipo de diseño retrospectivo, el tamaño de la muestra se determina por la disponibilidad real de casos con información completa, lo cual resulta metodológicamente válido al tratarse de una cohorte cerrada y definida temporalmente.

Procedencia de los sujetos

Los pacientes procedían del Servicio de Cardiología del Hospital Nacional Rosales, San Salvador, centro de referencia nacional del sistema público de salud de El Salvador.

Los casos incluidos correspondieron a pacientes hospitalizados o atendidos en consulta especializada, remitidos para evaluación de viabilidad miocárdica mediante resonancia magnética cardíaca (RMC) tras la documentación angiográfica de enfermedad coronaria multivaso.

MÉTODO DE RECOGIDA DE DATOS

- La recolección de datos se efectuó de forma retrospectiva, mediante la revisión documental de los registros clínicos e imagenológicos disponibles en el Servicio de Cardiología del Hospital Nacional Rosales.
- Las imágenes de resonancia magnética cardiaca fueron adquiridas en un equipo Siemens Avanto (plataforma Syngo MR B17) utilizando secuencias cine SSFP en eje corto y largo, y secuencias de realce tardío de gadolinio (LGE). El análisis de volúmenes, función ventricular y cuantificación de fibrosis se realizó con el software cvi42 (Circle Cardiovascular Imaging), Release 5.13.7 (2335), mediante segmentación semiautomática siguiendo el modelo de 17 segmentos de la American Heart Association complementada con la información contenida en las historias clínicas, reportes de coronariografía y registros ecocardiográficos.
- Los datos fueron registrados en un formato estandarizado de recolección diseñado para el estudio, el cual incluyó variables demográficas, antecedentes cardiovasculares, factores de riesgo, clase funcional (NYHA), parámetros angiográficos, y resultados de la RMC (fracción de eyección, volúmenes, masa, realce tardío y segmentos viables).
- Cada caso fue codificado con un identificador único para preservar la confidencialidad de la información. La recolección y verificación de los datos fue realizada por dos investigadores de manera independiente, asegurando consistencia y control de calidad antes del análisis estadístico.

OPERATIVIZACIÓN DE VARIABLES

Objetivos Específicos	VARIABLES	Definición	Indicadores
Identificar las variables demográficas, factores de riesgo cardiovascular y antecedentes de enfermedad cardiovascular en pacientes evaluados mediante resonancia magnética cardíaca	Edad	Años cumplidos al momento del estudio	Registro en expediente clínico
	Sexo	Clasificación biológica	Masculino Femenino
	Índice de Masa Corporal	Relación entre el peso y la talla al cuadrado, expresada en kilogramos por metro cuadrado (kg/m ²).	≥ 30.0 Obesidad
	Hipertensión Arterial	Diagnóstico previo	Registro en Expediente Clínico
	Diabetes Mellitus	Diagnóstico Previo	Registro en Expediente Clínico
	Dislipidemia	Diagnóstico Previo	Registro en Expediente Clínico
	Tabaquismo	Consumo activo o previo de cigarrillos	Registro en Expediente Clínico
	Obesidad	Índice de masa corporal mayor ≥ 30 kg/m ² calculado a partir de peso y talla registrados	Medición Antropométrica en Expediente Clínico
	Angina	Presencia de angina estable o inestable según criterios clínicos	Registro en Expediente Clínico
	Insuficiencia Cardíaca	Diagnóstico documentado, clase funcional NYHA	Registro en Expediente Clínico, Clase funcional NYHA
	Infarto de Miocardio Previo	Diagnóstico documentado	Registro en Expediente Clínico
Intervención Coronaria Percutánea Previa	Intervención Coronaria Percutánea Previa	-Angioplastía -Colocación de Stent	

OPERATIVIZACIÓN DE VARIABLES

Objetivos Específicos	VARIABLES	Definición	Indicadores
Analizar la asociación entre la extensión angiográfica de la enfermedad y la función cardiaca basal por ecocardiografía y resonancia magnética incluyendo parámetros de remodelado estructural.	Vasos Coronarios Afectados	Identificación de Arterias Afectadas	Descendente Anterior (DA) Circunfleja (CX) Coronaria Derecha (CD) Tronco
	Fracción de Eyección del Ventriculo Izquierdo Basal	Fracción de Eyección Ventricular Izquierda (%)	FEVI % por Ecocardiograma
	Insuficiencia Cardíaca	Diagnóstico documentado, clase funcional NYHA	Registro en Expediente Clínico, Clase funcional NYHA
	Fracción de Eyección por RMC	Porcentaje de volumen eyectado del ventriculo izquierdo	40-49% = Leve Disfunción 30-39% = Disfunción Moderada < 30% = Disfunción Severa
	Volumen Telesistólico Indexado (VTSi, ml/m ²)	Volumen total del ventriculo izquierdo al final de la sístole, ajustado a la superficie corporal del paciente (mL/m ²).	↑ > 35 mL/m ² → disfunción sistólica o remodelado excéntrico. ↓ < 15 mL/m ² → cavidad pequeña o patrón restrictivo.
	Masa Ventricular Izquierda (g/m ²)	Masa miocárdica total indexada	Hombres 49-88 (g/m ²) / Mujeres 44-77 (g/m ²)
	Relación Masa/Volumen (M/V)	Masa VI / VTDVI	> 1.0 = Concéntrico 0.8-1.0 = Normal < 0.6 = Excéntrico
	GLS% (Strain Longitudinal Global)	Representa el porcentaje de acoplamiento del miocardio del ventriculo izquierdo dirección base-ápex durante sístole	≤ -10% = Miocardio Viable > -10% = Escasa Viabilidad
	MAPSE Latero-septal	Promedio de desplazamiento sistólico del anillo mitral (MAPSE) en mm, medido en cine de eje largo.	≥ 8mm = Viabilidad Conservada 6-8mm = Viabilidad Parcial < 6mm = Viabilidad Reducida
	Insuficiencia Cardíaca	Diagnóstico documentado, clase funcional NYHA	Registro en Expediente Clínico, Clase funcional NYHA

OPERATIVIZACIÓN DE VARIABLES

Objetivos Específicos	VARIABLES	Definición	Indicadores
Evaluar viabilidad cardiaca a través de parámetros de resonancia magnética cardiaca en pacientes con enfermedad coronaria multivaso.	Transmuralidad del Realce Tardío	Porcentaje del Grosor de pared con Realce Tardío por segmento	< 50% = Viable ≥50% = No Viable
	Número de segmentos viables	Segmento con realce < 50% del grosor de la pared	≥10 Viabilidad Conservada < 10 Viabilidad Ausente
	Porcentaje de masa con realce tardío (%LGE/MV)	Cuantifica la proporción del miocardio del ventrículo izquierdo que presenta fibrosis	< 25 % =miocardio viable. 25–50 %= viabilidad parcial. > 50 % =miocardio no viable.
	Fracción de Eyección por RMC	Porcentaje de volumen eyectado del ventriculo izquierdo	40-49% = Leve Disfunción 30-39% =Disfunción Moderada < 30% = Disfunción Severa
	Volumen Telediastólico Indexado (VTDVi, ml/m ²)	Volumen total del ventrículo izquierdo al final de la diástole, ajustado a la superficie corporal del paciente (mL/m ²).	↑ > 90 mL/m ² → dilatación ventricular ↓ < 55 mL/m ² → volumen reducido o patrón restrictivo
	Volumen Telesistólico Indexado (VTSi, ml/m ²)	Volumen total del ventrículo izquierdo al final de la sístole, ajustado a la superficie corporal del paciente (mL/m ²).	↑ > 35 mL/m ² → disfunción sistólica o remodelado excéntrico. ↓ < 15 mL/m ² → cavidad pequeña o patrón restrictivo.
	Relación Masa/Volumen (M/V)	Masa VI / VTDVI	> 1.0 = Concéntrico 0.8-1.0 = Normal < 0.6 = Excéntrico
	GLS% (Strain Longitudinal Global)	Representa el porcentaje de acoplamiento del miocardio del ventrículo izquierdo dirección base-ápex durante sístole	≤-10%= Miocardio Viable >-10%= Escasa Viabilidad
	MAPSE Latero-septal	Promedio de desplazamiento sistólico del anillo mitral (MAPSE) en mm, medido en cine de eje largo.	≥ 8mm=Viabilidad Conservada 6-8mm= Viabilidad Parcial < 6mm= Viabilidad Reducida

DESCRIPCIÓN Y DEFINICIÓN DE LA INTERVENCIÓN

La intervención realizada correspondió a un procedimiento diagnóstico no invasivo mediante resonancia magnética cardíaca (RMC) con protocolo de viabilidad miocárdica.

El estudio se efectuó de acuerdo con las guías internacionales de la *Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR)* e incluyó las siguientes secuencias:

1. Modo cine en eje corto y largo, para la cuantificación de volúmenes, fracción de eyección y evaluación de la contractilidad segmentaria.
2. Secuencias de realce tardío con gadolinio (LGE), adquiridas diez minutos después de la administración intravenosa del contraste (0.1–0.2 mmol/kg), para la detección y cuantificación de fibrosis o necrosis miocárdica.
3. Segmentación miocárdica siguiendo el modelo de 17 segmentos propuesto por la *American Heart Association (AHA)*.

En cada caso se determinaron los siguientes parámetros: fracción de eyección ventricular izquierda (FEVI), volúmenes telediastólico y telesistólico indexados, masa ventricular izquierda, masa con realce tardío, porcentaje de masa con realce (%LGE/MV), transmuralidad del realce y número de segmentos viables.

La intervención se aplicó de manera estandarizada a todos los pacientes incluidos, sin manipulación terapéutica ni exposición a riesgo adicional más allá del procedimiento diagnóstico habitual.

ENTRADA Y GESTIÓN INFORMÁTICA DE LOS DATOS

La información fue registrada en un formato electrónico elaborado en Epi Info™ versión 7.2 (Centers for Disease Control and Prevention, CDC, Atlanta, EE. UU.), con campos predefinidos para cada variable del estudio.

Cada paciente fue identificado mediante un código alfanumérico único, garantizando la anonimización y confidencialidad de la información.

Una vez completada la base, se realizó un proceso de validación y depuración para identificar duplicados, valores atípicos y datos faltantes.

Posteriormente, los datos fueron exportados al entorno estadístico R (versión 4.3.2), donde se efectuaron los análisis descriptivos e inferenciales, incluyendo la diferencia de localización de Hodges–Lehmann (ΔHL) con su intervalo de confianza al 95 %, el tamaño de efecto no paramétrico (delta de Cliff), así como las pruebas exactas de Fisher y las correlaciones de Spearman (ρ).

ESTRATEGIA DE ANÁLISIS

El análisis se realizó con un enfoque no paramétrico, adecuado al tamaño muestral y a la distribución de las variables observadas. Las variables continuas se expresaron como mediana y rango intercuartílico [RIQ], y las variables categóricas como frecuencias absolutas y porcentajes.

Para comparar los dos grupos de estudio (enfermedad bivascular y trivascular), se estimó la diferencia de localización de Hodges–Lehmann (ΔHL), que representa el cambio de tendencia central entre ambos grupos. Además, se calculó el tamaño de efecto no paramétrico mediante el delta de Cliff (δ), junto con su intervalo de confianza del 95 %, utilizando un procedimiento de bootstrap

con 5 000 remuestreos. El valor de δ se interpretó como: despreciable (0–0.147), pequeño (>0.147 –0.33), mediano (>0.33 –0.474) o grande (≥ 0.474).

Para las variables categóricas, se utilizó la prueba exacta de Fisher, y cuando fue pertinente, se reportaron también el riesgo relativo o la diferencia de proporciones con su IC95 %. Las asociaciones entre variables continuas, como el porcentaje de masa con realce tardío de gadolinio (%LGE/MV) y la fracción de eyección ventricular izquierda (FEVI), se evaluaron mediante la correlación de Spearman (ρ), informando el coeficiente, su IC95 % y el valor de p.

Los criterios de viabilidad miocárdica se definieron a priori como:

- Viabilidad segmentaria: segmentos con transmuralidad del realce tardío <50 %.
- Viabilidad global: presencia de al menos 10 segmentos viables de los 17 definidos por la American Heart Association (AHA).

El análisis se realizó por casos completos, y en caso de datos faltantes mayores al 10 % en variables secundarias, se evaluó la posibilidad de imputación simple; si no era apropiado, se excluyó el caso del análisis específico.

Se adoptó un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (dos colas) y se reportaron valores p exactos, junto con los intervalos de confianza y los tamaños de efecto, priorizando la interpretación clínica sobre la mera significación estadística.

La base de datos se elaboró y depuró en Epi Info™ versión 7.2, y los análisis se realizaron en R versión 4.3.

RESULTADOS

Se incluyeron 13 pacientes con diagnóstico de enfermedad coronaria multivaso (ver tabla 1) evaluados por resonancia magnética cardiaca (RMC).

La edad mediana fue de 65.0 [62.0–67.0] años, con predominio del sexo masculino (76.9 %). El índice de masa corporal fue 26.4 [24.9–27.9] kg/m², en el rango de sobrepeso leve.

Entre los factores de riesgo cardiovascular, la hipertensión arterial fue la más frecuente (92.3 %), seguida de tabaquismo (46.2 %), diabetes mellitus (38.5 %) y dislipidemia (38.5 %).

Respecto a los antecedentes clínicos, 11 pacientes (84.6 %) presentaron angina, de los cuales 5 (38.5 %) correspondieron a angina estable y 6 (46.2 %) a angina inestable. Solo 2 pacientes (15.4 %) no reportaron angina. La clase funcional NYHA se distribuyó como: I (7.7 %), II (46.2 %), III (30.8 %) y IV (15.4 %).

En los hallazgos angiográficos, 8 pacientes (61.5 %) presentaron enfermedad bivascular y 5 (38.5 %) trivascular. La afectación de las arterias descendente anterior (DA) y circunfleja (CX) fue universal (100 %), mientras que la coronaria derecha (CD) estuvo comprometida en 38.5 %.

La fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) fue 34.0 [30.0–41.0] % por ecocardiografía y 35.0 [27.0–38.0] % por RMC, evidenciando disfunción sistólica moderada a severa en la cohorte.

En conjunto, los pacientes presentaron un perfil de riesgo elevado, con alta carga de hipertensión y multivaso, disfunción ventricular significativa y prevalencia marcada de angina e insuficiencia cardiaca funcional (NYHA II–IV).

Tabla 1. Características demográficas, factores de riesgo, antecedentes cardiovasculares y hallazgos clínico-angiográficos

Variable	Total (n=13)
Edad (años), mediana [RIQ]	65.0 [62.0–67.0]
Sexo masculino, n (%)	10 (76.9%)
Sexo femenino, n (%)	3 (23.1%)
IMC (kg/m ²), mediana [RIQ]	26.4 [24.9–27.9]
Hipertensión arterial, n (%)	12 (92.3%)
Diabetes mellitus, n (%)	5 (38.5%)
Dislipidemia, n (%)	5 (38.5%)
Tabaquismo, n (%)	6 (46.2%)
Angina estable, n (%)	5 (38.5%)
Angina inestable, n (%)	6 (46.2%)
Sin angina, n (%)	2 (15.4%)
Clase funcional NYHA I, n (%)	1 (7.7%)
Clase funcional NYHA II, n (%)	6 (46.2%)
Clase funcional NYHA III, n (%)	4 (30.8%)
Clase funcional NYHA IV, n (%)	2 (15.4%)
Vasos coronarios afectados: 2 vasos, n (%)	8 (61.5%)
Vasos coronarios afectados: 3 vasos, n (%)	5 (38.5%)
DA afectada, n (%)	13 (100.0%)
CX afectada, n (%)	13 (100.0%)
CD afectada, n (%)	5 (38.5%)
FEVI basal por ecocardiografía (%), mediana [RIQ]	34.0 [30.0–41.0]
FEVI por RMC (%), mediana [RIQ]	35.0 [27.0–38.0]

Nota: Valores expresados como mediana [RIQ] o número (%).

Se evaluó la asociación entre la extensión angiográfica (bivascular, n=8, vs trivascular, n=5) y la función/remodelado basal (véase Tabla 2). La función sistólica global fue menor en el grupo trivascular: la FEVI por ecocardiografía (%) fue de 30.0 [26.0–34.0] frente a 38.5 [34.0–42.0] en bivascular (Δ H_L=-8.00; IC95 % -17.00 a -2.00; p=0.04; δ Cliff=-0.70, efecto grande) y la FEVI por RMC (%) de 26.0 [22.0–30.0] frente a 37.0 [32.5–41.0] (Δ H_L=-12.00; IC95 % -18.31 a

-4.00; $p=0.03$; $\delta\text{Cliff}=-0.75$, efecto grande). En los índices de función longitudinal, GLS (%) resultó menos negativo en trivascular (-7.2 [-8.6--6.0] vs -14.1 [-17.3--9.5]), indicando peor desempeño ($\Delta\text{HL}=+7.05$; IC95 % 1.25 a 10.60; $p=0.05$; $\delta\text{Cliff}=+0.70$, efecto grande), y la MAPSE latero-septal (mm) fue menor (6.6 [4.4-7.9] vs 11.1 [9.6-13.5]; $\Delta\text{HL}=-5.58$; IC95 % -7.43 a -1.54; $p=0.01$; $\delta\text{Cliff}=-0.85$, efecto grande). En volumetría, se observó tendencia a mayores volúmenes en trivascular: VTDVi (mL/m²) 154.6 [116.0-196.6] vs 109.6 [97.1-118.1] ($\Delta\text{HL}=+30.91$; IC95 % -2.12 a 103.76; $p=0.07$; $\delta\text{Cliff}=+0.62$, efecto grande) y VTSi (mL/m²) 110.0 [78.0-158.5] vs 79.1 [61.4-88.0] ($\Delta\text{HL}=+31.00$; IC95 % -6.45 a 87.76; $p=0.12$; $\delta\text{Cliff}=+0.55$, efecto grande). La relación masa/volumen (g/mL) no mostró diferencias relevantes (0.6 [0.5-0.6] vs 0.6 [0.5-0.7]; $\Delta\text{HL}=-0.03$; IC95 % -0.14 a 0.30; $p=0.83$; $\delta\text{Cliff}=-0.10$, despreciable). Clínicamente, la NYHA III-IV fue más frecuente en trivascular (5/5; 100 %) que en bivascular (1/8; 12.5 %), si bien el contraste exacto de Fisher no alcanzó significación en esta muestra pequeña. En conjunto, la enfermedad trivascular se asocia con menor FEVI (por ecocardiografía y RMC), peor función longitudinal (GLS menos negativo y MAPSE reducida) y tendencia a mayores volúmenes, con tamaños de efecto grandes en la mayoría de comparaciones, lo que respalda un patrón de remodelado adverso pese al tamaño muestral limitado.

Tabla 2. Comparación funcional y estructural según extensión angiográfica (2 vs 3 vasos)

Variable	2 vasos (mediana [RIQ])	3 vasos (mediana [RIQ])	Efecto (ΔHL [IC95 %])	Tamaño de efecto (δ)	p
FEVI basal por ecocardiografía (%)	38.5 [34.0–42.0]	29.0 [26.0–34.0]	-8.00 [-17.00–-2.00]	-0.70	0.04
FEVI por RMC (%)	37.0 [32.5–41.0]	22.0 [22.0–30.0]	-12.00 [-18.31–-4.00]	-0.75	0.03
VTDVi (mL/m ²)	109.6 [97.1–118.1]	137.7 [116.0–196.6]	+30.91 [-2.12–103.76]	+0.62	0.07
VTSi (mL/m ²)	79.1 [61.4–88.0]	102.0 [78.0–158.5]	+31.00 [-6.45–87.76]	+0.55	0.12
Relación masa/volumen (g/mL)	0.6 [0.5–0.7]	0.6 [0.5–0.6]	-0.03 [-0.14–0.30]	-0.10	0.83
GLS (%)	-14.1 [-17.3–-9.5]	-7.6 [-8.6–-6.0]	+7.05 [1.25–10.60]	+0.70	0.05
MAPSE latero-septal (mm)	11.1 [9.6–13.5]	4.6 [4.4–7.9]	-5.58 [-7.43–-1.54]	-0.85	0.01
NYHA III–IV, n/N (%)	1/8 (12.5%)	5/5 (100.0%)	—	—	1.00

Nota: Valores expresados como mediana [RIQ]. Δ HL = diferencia de Hodges–Lehmann (3 vasos – 2 vasos) con IC95 % (bootstrap). δ de Cliff = tamaño de efecto. p: Mann–Whitney exacto (continuas) y prueba exacta de Fisher (proporciones).

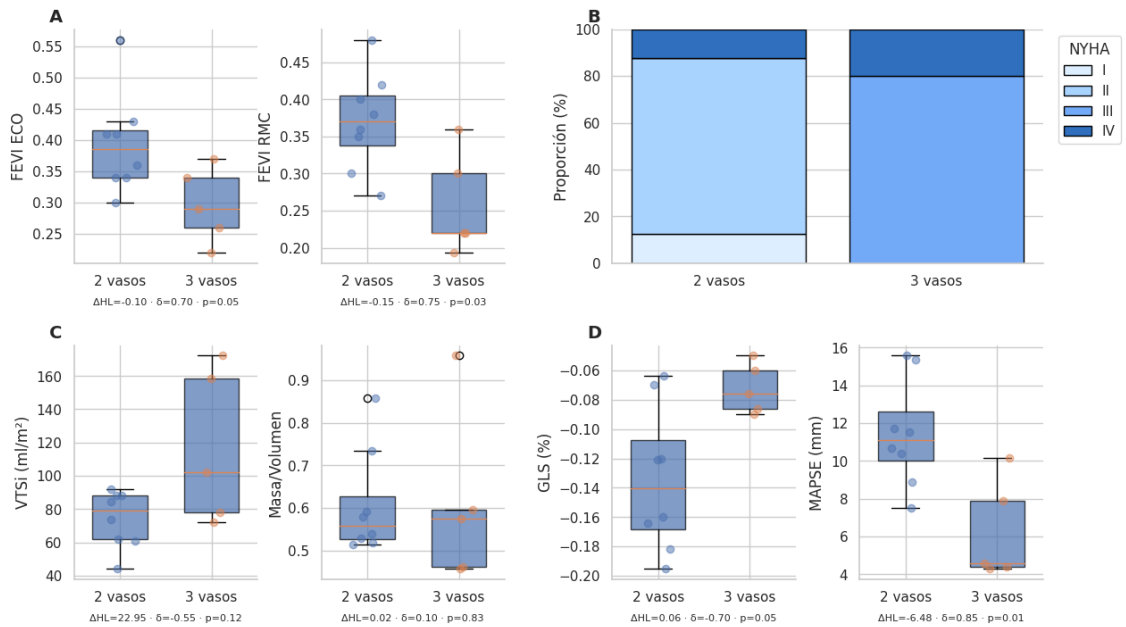


Figura 1. Extensión angiográfica (2 vs 3 vasos) y función/remodelado basal por ECO y RMC. A) FEVI por ecocardiografía y por RMC. B) Clase funcional NYHA I-IV (barras apiladas 100 %). C) VTSi (mL/m²) y Relación Masa/Volumen (g/mL) (boxplots con puntos). D) GLS (%) y MAPSE (mm) (boxplots con puntos). En conjunto, el grupo trivascular muestra menor FEVI, mayor proporción de NYHA III-IV, VTSi más alto (sin cambio evidente en M/V) y peor función longitudinal (GLS menos negativo y MAPSE reducida). Comparaciones entre grupos con Mann-Whitney (continuas) y Fisher (proporciones); los valores de p se reportan en el texto (véase Tabla 2). Abreviaturas: FEVI, fracción de eyección ventricular izquierda; RMC, resonancia magnética cardiaca; DE, desviación estándar; NYHA, New York Heart Association; VTSi, volumen telesistólico indexado; M/V, masa/volumen; GLS, strain longitudinal global; MAPSE, desplazamiento sistólico del anillo mitral.

La viabilidad miocárdica por RMC se definió a priori como presencia de ≥ 10 segmentos viables y transmuralidad global $< 50\%$. De 13 pacientes, 8 (61.5 %) cumplieron criterio de viables y 5 (38.5 %) se clasificaron como no viables (Tabla 3).

En los marcadores de fibrosis, el grupo viable presentó menor carga de realce tardío: %LGE/MV 18.3 [17.5–23.1] vs 33.1 [29.0–45.6], $\Delta\text{HL} -15.64$ (IC95 % -27.38 a -6.57), $p < 0.01$; y Masa LGE (g) 24.0 [19.5–25.0] vs 62.0 [55.0–62.0], $\Delta\text{HL} -38.00$ (IC95 % -75.00 a -17.00), $p < 0.01$.

En los parámetros funcionales, la FEVI por RMC (%) tendió a ser mayor en viables (33.0 [30.0–41.0] vs 22.0 [22.0–36.0]; $\Delta\text{HL} +8.00$, IC95 % -1.50 a 18.00), sin alcanzar significancia ($p = 0.14$). El VTDVI (mL/m^2) fue menor en viables (108.0 [97.1–116.0] vs 137.7 [136.0–196.6]; $\Delta\text{HL} -39.70$, IC95 % -104.66 a -9.13; $p = 0.03$). El GLS (%) mostró una tendencia a valores más negativos en viables (-12.0 [-17.3 a -7.3] vs -8.6 [-9.0 a -6.0]; $\Delta\text{HL} -3.05$, IC95 % -9.60 a 1.80; $p = 0.22$). La MAPSE (mm) fue mayor en viables (11.6 [10.3–13.5] vs 4.6 [4.4–7.5]; $\Delta\text{HL} +6.03$, IC95 % 3.23 a 7.75; $p < 0.01$), consistente con mejor función longitudinal.

No se observaron diferencias en la relación Masa/Volumen (g/mL) (0.60 [0.50–0.70] vs 0.55 [0.50–0.60]; $\Delta\text{HL} +0.05$, IC95 % -0.37 a 0.14; $p = 0.72$). Como control interno, la transmuralidad $\geq 50\%$ se observó en 100 % de no viables y 0 % de viables ($p < 0.01$, Fisher).

En esta cohorte, la definición estricta de viabilidad se asocia a menor fibrosis (menor %LGE/MV y masa LGE), mejor mecánica (MAPSE mayor, tendencia a GLS más negativo) y menor dilatación diastólica (VTDVi inferior). La FEVI muestra una diferencia clínica a favor de los viables, aunque sin significancia, probablemente limitada por el tamaño muestral. Estos hallazgos refuerzan la

coherencia fisiopatológica entre viabilidad y mejor desempeño ventricular. (Véase Tabla 3 y figura 2).

Tabla 3. Viabilidad miocárdica por RMC (Segmentos ≥ 10 y Transmuralidad < 50 %)

Variable	No viable (mediana [RIQ] o n/%)	Viable (mediana [RIQ] o n/%)	Efecto (Δ HL [IC95 %])	Tamaño de efecto (δ)	p
%LGE/MV (%)	33.1 [29.0– 45.6]	21.3 [17.5– 23.1]	-15.64 [-27.38– -6.57]	-1.00	0.00
Masa LGE (g)	62.0 [55.0– 62.0]	22.0 [19.5– 25.0]	-38.00 [-75.00– -17.00]	-1.00	0.00
FEVI por RMC (%)	22.0 [22.0– 36.0]	35.5 [30.0– 41.0]	+8.00 [-1.50– 18.00]	+0.53	0.14
VTDVI (mL/m ²)	137.7 [136.0– 196.6]	109.6 [97.1– 116.0]	-39.70 [-104.66– -9.13]	-0.75	0.03
GLS (%)	-8.6 [-9.0– -6.0]	-12.1 [-17.3– -7.3]	-3.05 [-9.60– 1.80]	-0.45	0.22
MAPSE (mm)	4.6 [4.4– 7.5]	11.1 [10.3– 13.5]	+6.03 [3.23–7.75]	+1.00	0.00
Relación M/V (g/mL)	0.5 [0.5– 0.6]	0.6 [0.5– 0.7]	+0.05 [-0.37– 0.14]	+0.15	0.72

Nota: Valores expresados como mediana [RIQ] o n (%). Δ HL = diferencia de Hodges–Lehmann (viable – no viable) con IC95 % (bootstrap). δ de Cliff = tamaño de efecto. p: Mann–Whitney exacto (continuas) y prueba exacta de Fisher (categóricas).

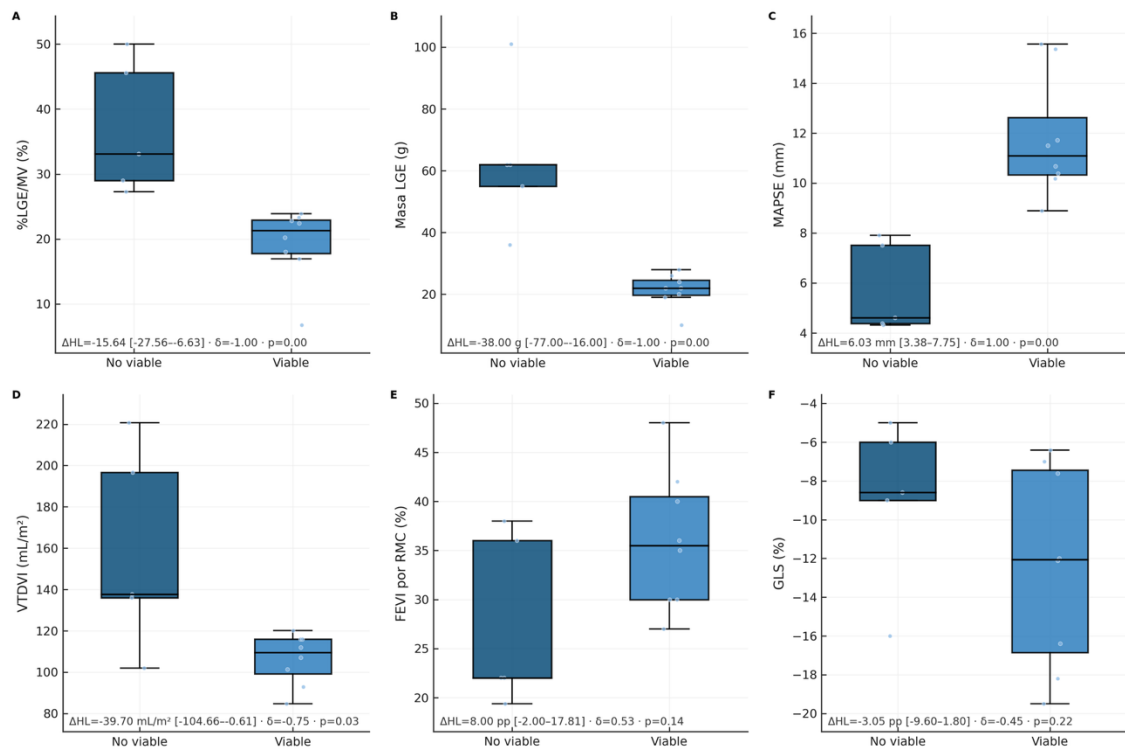


Figura 2. Viabilidad miocárdica por RMC. Comparación No viable vs Viable (definición a priori: ≥ 10 segmentos viables y transmuralidad global $< 50\%$). A) %LGE/MV; B) Masa LGE (g); C) MAPSE (mm); D) VTDVI (mL/m^2); E) FEVI por RMC (%); F) GLS (%). Boxplots con puntos individuales; en cada panel se muestran mediana [RIQ] y se anotan ΔHL (IC95 %), δ de Cliff y p (Mann–Whitney). En esta cohorte, los pacientes viables presentaron menor carga de fibrosis (A–B), mejor mecánica longitudinal (MAPSE más alta, C) y menor dilatación diastólica (VTDVI más bajo, D); FEVI y GLS mostraron la misma dirección de efecto, sin alcanzar significancia por el tamaño muestral. Análisis exploratorio. Abreviaturas: LGE = realce tardío con gadolinio; RMC = resonancia magnética cardíaca; %LGE/MV = porcentaje de masa ventricular con LGE; MAPSE = desplazamiento sistólico del anillo mitral; VTDVI = volumen telediastólico indexado; FEVI = fracción de eyección del ventrículo izquierdo; GLS = strain longitudinal global; ΔHL = diferencia de Hodges–Lehmann; δ = d de Cliff.

DISCUSIÓN

Nuestra cohorte mostró el perfil esperado de pacientes con enfermedad coronaria multivaso: alta carga de factores de riesgo y disfunción ventricular de magnitud variable, coherente con series de candidatos a revascularización evaluados por RMC (2,4,6). En estas, la RMC se consolida como técnica de referencia para cuantificar volúmenes, masa y función del VI con excelente reproducibilidad (10,12), lo que justifica haber usado medidas derivadas de RMC como base del fenotipo estructural-funcional de la muestra (masa/volumen, VTDVi/VTSi, FEVI) (13,14). Esta aproximación es consistente con trabajos metodológicos del Reino Unido que establecieron el papel de la RMC para medir con precisión volúmenes y masa del VI (19,29,30).

El perfil basal y la cuantificación con RMC son comparables a lo reportado en centros británicos; esto respalda la validez externa de nuestras mediciones y permite contrastar nuestros análisis con evidencia previa (14,18,19). En cuanto a la afectación, observamos que la mayor extensión (trivascular) se acompañó de más remodelado (VTDVi mayor) y peor estado clínico funcional (mayor peso de NYHA III–IV), con diferencias pequeñas en FEVI entre grupos. Este patrón — más dilatación y peor clase funcional con mayor carga de enfermedad— es congruente con la fisiopatología de isquemia crónica y con series RMC que muestran que la carga de cicatriz y su transmuralidad se relacionan estrechamente con el desempeño global del VI, más allá de la FEVI aislada (6,12,15,16,27).

En la literatura británica, el umbral y la extensión de realce tardío (LGE) se han vinculado a recuperación funcional segmentaria y global post-revascularización quirúrgica coronaria; a mayor transmuralidad de LGE, menor probabilidad de mejora, y a mayor número de segmentos viables, mayor recuperación de la FEVI global tras revascularización quirúrgica coronaria (18,19,28–30). Nuestros

hallazgos (más remodelado y peor clase funcional en trivascular, con FEVI similar) calzan con la idea de que no solo la extensión angiográfica sino la “calidad” del miocardio (fibrosis/transmuralidad) determina función y pronóstico (12,14,18,19). Por eso, pasar al análisis de viabilidad con LGE era el siguiente paso lógico (19,24,26).

Se definió previamente viabilidad miocárdica por RMC (definición estricta: ≥ 10 segmentos viables y transmuralidad global $< 50\%$) (18,19,30). Con esta definición a priori, los viables mostraron menor %LGE/MV y menor masa LGE, mayor MAPSE y menor VTDVi; la FEVI fue más alta en términos clínicos pero sin significancia por el tamaño muestral ($n = 13$). Este patrón es altamente coherente con la evidencia británica: (i) la transmuralidad de LGE predice recuperación segmentaria (18); (ii) el conteo de segmentos viables predice recuperación global de FEVI tras revascularización quirúrgica coronaria (19,30); (iii) los marcadores de función longitudinal (p. ej., desplazamiento anular/MAPSE y strain) son sensibles a viabilidad y “calidad” miocárdica (5,13,14). En conjunto, nuestros resultados replican la dirección de efecto descrita por Pegg et al. (*JCMR*, 2010) (19) y por estudios del grupo británico que validaron el LGE como predictor de respuesta postquirúrgica (18,19,28–30); además, extendemos la lectura hacia métricas sencillas como MAPSE, que en nuestra cohorte distinguió bien a los viables.

En escenarios de enfermedad coronaria multivazo, cuantificar la fibrosis por LGE (porcentaje y masa) y capturar la mecánica longitudinal (MAPSE/GLS) ofrece un panorama integrador de viabilidad y reserva funcional (5,13,14,28). Esto es útil para selección y expectativas de revascularización (12,18,19). Al interpretar estos datos, conviene ponerlos en el contexto del ensayo STICH, donde la presencia de viabilidad no identificó subgrupos con beneficio diferencial de supervivencia con revascularización quirúrgica coronaria frente a terapia médica tras ajuste

multivariado, aunque sí se asocia de manera consistente con mejoría funcional (15,16).

Este trabajo sugiere que, en enfermedad coronaria multivaso, la RMC con LGE y métricas de mecánica longitudinal aporta información decisiva para la determinación de viabilidad y la estrategia de revascularización (12,18,19,28–30). Aunque los datos son preliminares, la consistencia fisiopatológica y la alineación con la literatura respaldan integrar la RMC como componente obligado en la evaluación de estos pacientes y formalizar protocolos institucionales que prioricen su uso estandarizado (4,6,12,19,29,30).

CONCLUSIONES

1. En esta cohorte preliminar (n=13) con enfermedad coronaria multivazo, la RMC caracterizó con precisión el remodelado y la función del VI.
2. La mayor extensión angiográfica (trivascular) se asoció con peor perfil clínico-funcional (más NYHA III–IV) y mayor dilatación (VTDVI), con diferencias modestas en FEVI.
3. Con la definición a priori de viabilidad (≥ 10 segmentos viables y transmuralidad global $< 50\%$), los viables tuvieron menor fibrosis (%LGE/MV y masa LGE), mejor mecánica longitudinal (MAPSE) y menor dilatación (VTDVI). La FEVI fue mayor en magnitud clínica, sin significancia por el tamaño muestral.
4. El patrón observado es coherente con la fisiopatología y con la literatura: menor transmuralidad y más segmentos viables se asocian a mejoría funcional tras revascularización.
5. Limitaciones: muestra pequeña, unicéntrico; estimaciones con IC amplios. Hallazgos generadores de hipótesis.

RECOMENDACIONES

1. Integrar RMC con LGE en la ruta de evaluación de candidatos a revascularización multivaso como complemento de la coronariografía y el ecocardiograma.
2. Mantener la definición a priori de viabilidad (≥ 10 segmentos viables más transmuralidad global $< 50\%$) y reportarla de forma explícita.
3. Usar la información de viabilidad más mecánica para orientar CABG/PCI y fijar expectativas de recuperación funcional.
4. En casos “límitrofes”, considerar RMC de estrés/perfusión si está disponible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chatterjee, K., Swan, H. J. C., Parmley, W. W., Sustaita, H., & Marcus, H. S. (s.f.). *Influence of direct myocardial revascularization on left ventricular asynergy and function in coronary heart disease with and without previous infarction*. *Circulation*. <http://ahajournals.org>
2. Mahrholdt, H., Wagner, A., Judd, R. M., & Sechtem, U. (2002). Assessment of myocardial viability by cardiovascular magnetic resonance imaging. *European Heart Journal*, 23, 602–619.
3. Touchstone, D. A., Beller, G. A., Nygaard, T. W., Tedesco, C., & Kaul, S. (1989). Effects of successful intravenous reperfusion therapy on regional myocardial function and geometry in humans: A tomographic assessment using two-dimensional echocardiography. *Journal of the American College of Cardiology*, 13.
4. Catalán, P., Delgado, V., Moya, J. L., Paré, C., Muñoz, M., Caralt, T., et al. (s.f.). Valoración de la viabilidad miocárdica mediante resonancia magnética. *Revista Española de Cardiología*. <https://www.revespcardiol.org/?ref=2075640880>
5. Schuster, A., Kutty, S., Padiyath, A., Parish, V., Gribben, P., Danford, D. A., et al. (2011). Cardiovascular magnetic resonance myocardial feature tracking detects quantitative wall motion during dobutamine stress. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*, 13(1).
6. Souto, A. L. M., Souto, R. M., Teixeira, I. C. R., & Nacif, M. S. (2017). Myocardial viability on cardiac magnetic resonance. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 108, 458–468.
7. Anversa, P., Kajstura, J., Leri, A., & Bolli, R. (2006). Life and death of cardiac stem cells: A paradigm shift in cardiac biology. *Circulation*, 113(11), 1451–1459.

8. Nakamori, S., & Dohi, K. (2022). Myocardial tissue imaging with cardiovascular magnetic resonance. *Journal of Cardiology*, *80*, 377–385.
9. Al-Mohammad, A., Mahy, R., Norton, M. Y., Hillis, G., Patel, J. C., Mikecz, P., et al. (1998). Prevalence of hibernating myocardium in patients with severely impaired ischaemic left ventricles. *Heart*, *80*.
10. Kwong, R. Y., Chan, A. K., Brown, K. A., et al. (2019). *Cardiovascular magnetic resonance imaging* (pp. 351–375). Humana Press.
11. Jiménez-Borreguero, J., Ruiz-Salmerón, R., & España, M. (2003). Assessment of myocardial viability in patients before revascularization. *Revista Española de Cardiología*, *56*.
<https://www.revespcardiol.org/?ref=63945122>
12. Arai, A. E. (2011). The cardiac magnetic resonance approach to assessing myocardial viability. *Journal of Nuclear Cardiology*, *18*(6), 1095–1102.
13. Child, N. M., & Das, R. (2012). Is cardiac magnetic resonance imaging assessment of myocardial viability useful for predicting which patients with impaired ventricles might benefit from revascularization? *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*, *14*(4), 395–398.
14. Cleland, J. G. F., Calvert, M., Freemantle, N., Arrow, Y., Ball, S. G., Bonser, R. S., et al. (2011). The HEART trial. *European Journal of Heart Failure*, *13*(2), 227–233.
15. Bonow, R. O. (2002). Myocardial viability and prognosis in patients with ischemic left ventricular dysfunction. *Journal of the American College of Cardiology*, *39*.
16. Symons, R., Pontone, G., Schwitter, J., Franccone, M., Iglesias, J. F., Barison, A., et al. (2018). Long-term incremental prognostic value of cardiovascular magnetic resonance after STEMI: A study of the Collaborative Registry on CMR in STEMI. *JACC: Cardiovascular Imaging*, *11*(6), 813–825.
17. Rochitte, C. E., Lima, J. A. C., Bluemke, D. A., Reeder, S. B., McVeigh, E. R., Furuta, T., et al. (1998). Magnitude and time course of microvascular

- obstruction and tissue injury after acute myocardial infarction. *Circulation*.
<http://ahajournals.org>
18. Kim, R. J., Wu, E., Rafael, A., Chen, E.-L., Parker, M. A., Simonetti, O., et al. (2000). The use of contrast-enhanced magnetic resonance imaging to identify reversible myocardial dysfunction. *New England Journal of Medicine*, 343, 1445–1453.
 19. Pegg, T. J., Selvanayagam, J. B., Francis, J. M., Karamitsos, T. D., Dall'Armellina, E., et al. (2010). Prediction of global left ventricular functional recovery after surgical revascularisation based on late gadolinium enhancement cardiovascular magnetic resonance. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*, 12, 56.
 20. Kelle, S., Hamdan, A., Schnackenburg, B., Köhler, U., Klein, C., Nagel, E., et al. (2008). Dobutamine stress cardiovascular magnetic resonance at 3 Tesla. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*, 10(1).
 21. Vasu, S., Bandettini, W. P., Hsu, L. Y., Kellman, P., Leung, S., Mancini, C., et al. (2013). Regadenoson and adenosine are equivalent vasodilators and superior to dipyridamole: A study of first-pass quantitative perfusion cardiovascular magnetic resonance. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*, 15(1).
 22. Rehwald, W. G., Kim, R. J., Simonetti, O. P., Laub, G., & Judd, R. M. (2001). Theory of high-speed MR imaging of the human heart with selective line acquisition mode. *Journal of Biomedical Engineering*, 220, 540.
 23. Bruder, O., Schneider, S., Pilz, G., van Rossum, A. C., Schwitter, J., Nothnagel, D., et al. (2015). Acute adverse reactions to gadolinium-based contrast agents in cardiovascular MR. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*, 17(1).
 24. Weinsaft, J. W., Klem, I., & Judd, R. M. (2007). MRI for the assessment of myocardial viability. *Cardiology Clinics*, 25, 35–56.

25. Cadena, A., Pons-Lladó, G., & Carreras, F. (2019). Myocardial viability: Multimodal cardiovascular magnetic resonance. *Revista Colombiana de Cardiología*, 26, 39–45.
26. Grover, S., Srinivasan, G., & Selvanayagam, J. B. (2011). Evaluation of myocardial viability with cardiac magnetic resonance imaging. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 54(3), 204–214.
27. Fernández-Friera, L., González-Gómez, J., & Sanz, J. (2021). Advances in late gadolinium enhancement for ischemic heart disease. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging*, 22(12), 1300–1314.
28. Kwong, R. Y., Chan, R. H., Brown, K. A., et al. (2023). Prognostic value of myocardial fibrosis by LGE-CMR after revascularization. *JACC: Cardiovascular Imaging*, 16(4), 611–623.
29. Cerqueira, M. D., Weissman, N. J., Dilsizian, V., Jacobs, A. K., Kaul, S., Laskey, W. K., et al. (2002). Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. *Circulation*, 105, 539–542.
30. Selvanayagam, J. B., Jerosch-Herold, M., Porto, I., et al. (2019). Revascularization and myocardial recovery: Insights from cardiovascular magnetic resonance. *Heart*, 105(4), 268–276.