

## O Efeito da Cirurgia de Revascularização Miocárdica na Função Contrátil e Sintomas em Pacientes com Disfunção Ventricular Esquerda

*The Effect of Coronary Artery Bypass Graft Surgery on Contractile Function and Symptoms in Patients with Left Ventricular Dysfunction*

Fernando Bassan,<sup>1</sup> Roberto Esporcatte,<sup>2</sup> Marcelo Goulart Correia,<sup>1</sup> Octavio Drummond Guina,<sup>1</sup> Guilherme de Souza Weigert,<sup>1</sup> Gracielle Christine do Nascimento Oliveira<sup>1</sup>

Instituto Nacional de Cardiologia,<sup>1</sup> Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - Doenças do Tórax,<sup>2</sup> Rio de Janeiro, RJ – Brasil

### Resumo

**Fundamento:** O grau de disfunção do ventrículo esquerdo (VE) é um fator de risco independente para piores desfechos em pacientes com síndrome coronariana crônica (SCC). A cirurgia de revascularização miocárdica (CRVM) é a estratégia terapêutica padrão na insuficiência cardíaca isquêmica para melhorar os sintomas e o prognóstico. No entanto, os preditores de melhora ainda são incertos.

**Objetivos:** Avaliar o efeito da revascularização miocárdica sobre a função do VE e sintomas em pacientes com SCC e fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) reduzida, e identificar os preditores de melhora.

**Métodos:** Analisamos, retrospectivamente, dados e condição clínica de 136 pacientes consecutivos com FEVE <50%, submetidos à CRVM. Durante o acompanhamento ecocardiográfico, a função do VE foi reavaliada no curto (3,6 meses) e longo prazo (30,8 meses), e comparada com os dados basais.

**Resultados:** A FEVE média no pré-operatório foi  $40,9 \pm 8,6\%$  e a média do escore do índice de motilidade (WMSI) foi  $1,99 \pm 0,36$ , ambos melhorando no longo prazo para  $48,1 \pm 15,0\%$  ( $p < 0,001$ ) e  $1,75 \pm 0,49$  ( $p < 0,001$ ), respectivamente. Observamos que 55,7% dos pacientes apresentaram uma melhora na FEVE  $\geq 10\%$  e 58,1% no WMSI  $\geq 10\%$ . A análise de regressão logística revelou que a doença cerebrovascular foi a única variável preditora de melhora na FEVE. No final do acompanhamento, observamos uma redução na taxa de pacientes em classe funcional III/IV em comparação ao basal (65,4 vs. 10,3% -  $p < 0,001$ ).

**Conclusões:** Pacientes com SCC e FEVE reduzida, submetidos à CRVM apresentaram melhora na função contrátil e no tamanho do VE, com resposta benéfica sobre a classe funcional.

**Palavras-chave:** Síndrome Coronariana Crônica; Insuficiência Cardíaca; Disfunção Ventricular Esquerda; Revascularização Miocárdica.

### Abstract

**Background:** The degree of left ventricular (LV) dysfunction is an independent risk factor for poor outcomes in patients with chronic coronary syndrome. Coronary artery bypass graft (CABG) is the standard care for the management of ischemic heart failure to improve symptoms and prognosis. However, the predictors of improvement are still uncertain.

**Objective:** To assess the effect of myocardial revascularization on LV function and symptoms in patients with CCS and reduced left ventricular ejection fraction (LVEF), as well as to identify the improvement predictors.

**Methods:** We retrospectively analyzed the data and clinical status of 136 consecutive patients with LVEF <50% that underwent CABG. During clinical follow-up echocardiographic LV function was reassessed at the short-term (3.6 months) and long-term (30.8 months), and compared to baseline.

**Results:** Mean pre-operative LVEF was  $40.9 \pm 8.6\%$  and wall motion score index (WMSI) was  $1.99 \pm 0.36$ , both improving at long-term to  $48.1 \pm 15.0\%$  ( $p < 0.001$ ) and  $1.75 \pm 0.49$  ( $p < 0.001$ ), respectively. We observed that 55.7% of the patients presented an improvement of LVEF  $\geq 10\%$  and 58.1% in WMSI  $\geq 10\%$ . Univariate logistic regression analysis revealed that cerebrovascular disease was the only variable to be predictor of LVEF improvement. At the end of follow-up, we observed a reduction in the rate of patients in functional class III/IV when compared to baseline (65.4 vs. 10.3% -  $p < 0.001$ ).

**Correspondência:** Fernando Bassan •

Instituto Nacional de Cardiologia - Rua das Laranjeiras, 374. CEP 22240-006, Rio de Janeiro, RJ - Brasil

E-mail: drfernandobassan@gmail.com

Artigo recebido em 31/07/2024, revisado em 26/11/2024, aceito em 15/01/2025

Editor responsável pela revisão: Carlos E. Rochitte

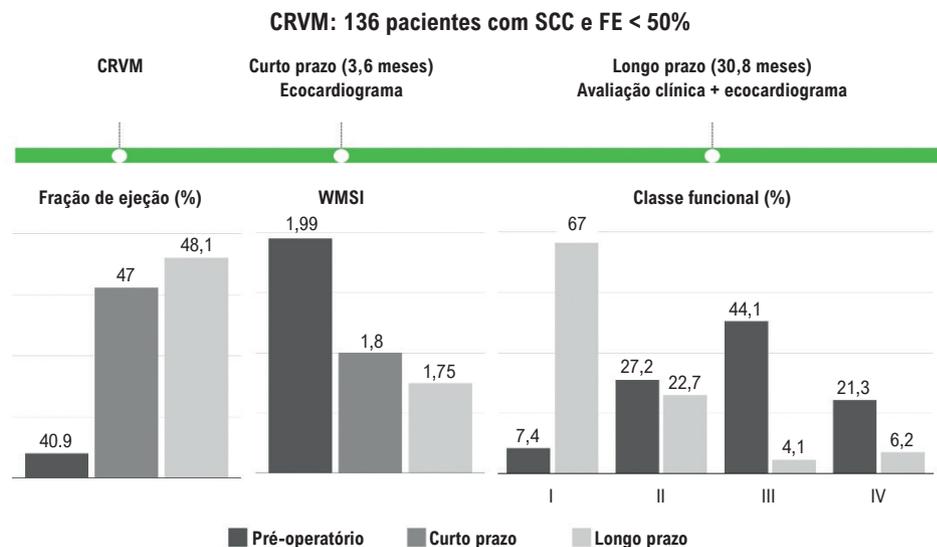
**DOI:** <https://doi.org/10.36660/abc.20240486>

**Conclusions:** Patients with CCS and reduced LVEF undergoing CABG experienced improvement in both LV contractile function and size, with beneficial response in functional class.

**Keywords:** Chronic Coronary Syndrome; Heart Failure; Left Ventricular Dysfunction; Myocardial Revascularization.

Full texts in English - <https://abccardiol.org/en/>

**Figura Central:** O Efeito da Cirurgia de Revascularização Miocárdica na Função Contrátil e Sintomas em Pacientes com Disfunção Ventricular Esquerda



Arq Bras Cardiol. 2025; 122(4):e20240486

## Introdução

A cardiomiopatia isquêmica continua sendo a principal causa de morte no mundo, e o grau de disfunção do ventrículo esquerdo (VE) é um dos marcadores prognósticos. A etiologia da insuficiência cardíaca é um importante determinante, uma vez que pacientes com isquemia miocárdica apresentam uma menor sobrevida em comparação a pacientes não-isquêmicos.<sup>1-4</sup>

Na insuficiência cardíaca, pacientes que tiveram melhora na fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) apresentaram melhor prognóstico.<sup>5</sup> A cirurgia de revascularização miocárdica (CRVM) é indicada para uma maior sobrevida, mas o mecanismo é incerto, uma vez que nem a presença de isquemia nem a viabilidade prediz o benefício.<sup>6,7</sup>

Neste estudo, nosso objetivo foi analisar o efeito da CRVM sobre a função do VE em pacientes com cardiomiopatia isquêmica e fração de ejeção reduzida.

## Métodos

### População do estudo

Este foi um estudo retrospectivo, observacional, do tipo coorte, de pacientes consecutivos e não selecionados,

com cardiomiopatia isquêmica submetidos à CRVM entre 2013 e 2017 em nossa instituição. Os pacientes incluídos apresentavam (1) FEVE < 50% avaliada por ecocardiograma no período pré-operatório; (2) nenhuma necessidade de intervenção valvar associada ou reconstrução do VE. Uma vez que eventos isquêmicos agudos possam ser um forte viés para a recuperação da função do VE, também excluímos pacientes com síndrome coronariana aguda dois meses antes da cirurgia.

### Manejo do paciente

A decisão sobre indicação de CRVM foi feita pela equipe multidisciplinar composta por cardiologistas clínicos e cirurgiões. O Euroscore II foi usado para avaliar o risco pré-operatório. Acidente vascular cerebral pós-operatório foi definido como um evento novo ou em progressão que persistiu por mais de 24 horas durante o período de internação. Infarto do miocárdio pós-operatório foi definido de acordo com a terceira definição universal de infarto do miocárdio.<sup>8</sup> A doença cerebrovascular foi definida como estenose da carótida  $\geq 70\%$  unilateral ou  $\geq 50\%$  bilateral. Após a hospitalização, os pacientes foram acompanhados regularmente no ambulatório. Realizamos uma avaliação de todos os pacientes no final do período de acompanhamento para avaliar seus status clínico para análise neste estudo.

### Análise ecocardiográfica

Os pacientes foram submetidos ao ecocardiograma transtorácico (ETT) de repouso antes da CRVM (basal), nos primeiros seis meses após a cirurgia (curto prazo) e ao final do seguimento (longo prazo). Os parâmetros do ETT foram medidos seguindo recomendações padronizadas.<sup>9</sup> O escore do índice de motilidade do ventrículo esquerdo (WMSI, do inglês *wall motion score index*) foi medido usando um modelo de 17 segmentos. O seguinte escore numérico foi aplicado a cada segmento da parede de acordo com sua função contrátil avaliada visualmente: 1=normal; 2=hipocinético; 3=acinético; 4=discinético. O WMSI foi calculado como a soma de todos os escores dividida pelo número total de segmentos.

### Análise estatística

Os dados categóricos foram descritos como frequências e porcentagens. As variáveis contínuas foram avaliadas quanto à normalidade usando o teste de Shapiro-Wilk e descritas como média e desvio padrão ou mediana e intervalo interquartil. O teste do qui-quadrado e o teste de Fisher foram usados para determinar associações estatísticas entre as variáveis de interesse. O teste ANOVA de medidas repetidas e o teste de Kruskal-Wallis foram usados para avaliar os dados ecocardiográficos. O teste t pareado e o teste de Wilcoxon foram aplicados para avaliar a classe funcional.

A análise de regressão logística multivariada por *stepwise* foi realizada para os desfechos de interesse. As variáveis com um p-valor inferior a 0,20 na análise de regressão logística univariada foram selecionadas para a criação do modelo. Para a construção do modelo de regressão logística multivariada, a técnica *stepwise* foi usada pelo método de seleção *backward*. Para todas as análises estatísticas, incluindo a análise de regressão logística multivariada, um valor de p menor que 0,05 foi considerado estatisticamente significativo. A análise estatística e a construção dos gráficos foram conduzidas usando o programa Jamovi (versão 2.6.13) e R (versão 4.3.3), respectivamente.

## Resultados

### Características basais

Um total de 136 pacientes preencheram os critérios de inclusão e foram submetidos à CRVM no Instituto Nacional de Cardiologia, Rio de Janeiro, Brasil. As características basais são apresentadas na Tabela 1. A idade média dos pacientes foi 63,5±9,5 anos e 70,6% eram do sexo masculino, com FEVE média de 40,9 ± 8,6%. Hipertensão, dislipidemia e diabetes eram altamente prevalentes. Na admissão, a síndrome coronariana crônica (SCC) foi o principal diagnóstico, com mais de 65% dos pacientes em classe funcional III e IV. A avaliação da anatomia coronariana por angiografia mostrou uma elevada taxa de doença trivascular, lesão do tronco da coronária esquerda e da descendente anterior.

A CRVM com circulação extracorpórea foi realizada majoritariamente com uso de pontes arteriais (Tabela 2); cinco (3,7%) pacientes foram a óbito em 30 dias após a CRVM e 28 (20,9%) durante todo o período de acompanhamento. Uma alta taxa de infecção de ferida operatória foi observada durante o estudo.

Tabela 1 – Características basais dos pacientes (n=136)

Características	n (%)
Idade, anos	63,5 ± 9,5
Sexo masculino	96 (70,6)
Hipertensão	124 (91,2)
Diabetes	80 (58,8)
Dislipidemia	102 (75)
Tabagismo (atual/anterior)	75 (55,1)
Sedentário	89 (66,9)
Doença cerebrovascular	36 (26,9)
Diagnóstico na admissão	
Síndrome coronariana crônica	122 (89,7)
Classe funcional CCS (escala de angina)	
I	7 (5,7)
II	35 (28,7)
III	56 (45,9)
IV	24 (19,7)
Insuficiência cardíaca	14 (10,3)
Classe funcional NYHA	
I	3 (21,4)
II	2 (14,3)
III	4 (28,6)
IV	5 (35,7)
TFGe, (mL/min/1,73m <sup>2</sup> )	75,9 (56,6; 91,0)
TFGe <60 (mL/min/1,73m <sup>2</sup> )	48 (35,3)
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	27,1 (24,8; 29,5)
FEVE, %	40,9 ± 8,6
Anatomia coronária	
LTCE ≥ 50%	45 (33,1)
DA ≥ 70%	131 (96,3)
DA proximal	92 (67,6)
Doença univascular	1 (0,7)
Doença bivascular	23 (16,9)
Doença trivascular	112 (82,4)
Euroscore II	1,89 (1,13; 2,86)

*Dados apresentados em porcentagem, média ± desvio padrão ou mediana (intervalo interquartil); CCS: Canadian Cardiovascular Society; NYHA: New York Heart Association; TFGe: taxa de filtração glomerular estimada; IMC: índice de massa corporal; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; MC: índice de massa corporal; LTCE: lesão do tronco da coronária esquerda; DA: descendente anterior.*

Tabela 2 – Detalhes da cirurgia e desfechos

Variáveis	n = 136
Pontes arteriais *	129 (96,3)
Total de pontes	3,31 ± 0,99
Cirurgia com CEC (%)	124 (91,2)
Tempo de CEC (min)	98,7 ± 31,2
Mortalidade em 30 dias	5 (3,7)
IAM pós-operatório	5 (3,7)
Fibrilação atrial	23 (16,9)
AVC pós-operatório	4 (2,9)
Infecção da ferida operatória	25 (18,4)
Mediastinite	12 (8,8)

\*Dados incompletos de dois pacientes; dados apresentados como média ± desvio padrão n (%); IAM: infarto agudo do miocárdio; CEC: circulação extracorpórea; AVC: acidente vascular cerebral.

#### Tratamento clínico

Durante a internação para a intervenção, observamos que os pacientes apresentavam uma taxa elevada de uso de medicamentos com impacto cardiovascular, que foi mantido ao longo do acompanhamento (Tabela 3).

#### Medidas ecocardiográficas após a revascularização

Na avaliação pré-operatória basal, os pacientes apresentavam extensa disfunção contrátil regional, com volumes aumentados do VE (Tabela 4). Em uma média de 3,6 meses após a CRVM, a FEVE aumentou de 40,9 ± 8,6% para 47,0 ± 12,6% (p<0,001) e a contratilidade regional também apresentou uma melhora significativa com uma redução no WMSI de 1,99 ± 0,36 para 1,80 ± 0,50 (p<0,001). Isso representa um aumento de 17,6% na FEVE e uma redução de 12,1% no WMSI. Tais resultados também foram acompanhados de uma importante diminuição nos valores medianos de volume e tamanho do VE. É importante salientar que a melhora nos parâmetros foi observada na análise comparativa entre o basal e o curto ou longo prazo, sem diferenças significativas entre os valores de curto e longo prazo.

Conforme demonstrado no diagrama de Sankey, que ilustra a dinâmica de mudança na FEVE durante o período de acompanhamento, a melhora é mais provável de ocorrer entre os pacientes com valores de fração de ejeção entre 30% e 40% no basal (Figura 1).

Observamos que 55,7% dos pacientes apresentaram um aumento na FEVE basal ≥ 10% e 58,1% apresentaram aumento no WMSI ≥ 10%. Na análise de regressão logística, a presença de doença cerebrovascular foi o único preditor de melhora na FEVE ≥ 10% (Tabela 5).

#### Avaliação clínica ao final do acompanhamento

Nesta coorte de pacientes, observamos uma melhora significativa na classe funcional com a CRVM (Figura Central). No

Tabela 3 – Adesão ao tratamento medicamentoso dos pacientes (n=136) com cardiomiopatia isquêmica submetidos à cirurgia de revascularização por bypass da artéria coronária entre 2013 e 2017

	Basal n = 135 (%)	Final do seguimento n = 97 (%)
Aspirina	132 (97,8)	91 (93,8)
Betabloqueador	129 (95,6)	87 (89,7)
IECA/BRA	100 (74,1)	81 (83,5)
Estatina	124 (91,2)	84 (87,5)

\*Dados incompletos de um paciente; dados em n (%); IECA: Inibidor de Enzima Conversora de Angiotensina; BRA: Bloqueador de Receptor de Angiotensina

pré-operatório, 65,4% dos pacientes eram muito sintomáticos e, ao final do acompanhamento, somente 10,3% permaneceram em classe funcional III ou IV (p<0,001).

#### Discussão

O presente estudo mostrou que, em pacientes com SCC com fração de ejeção reduzida, a CRVM associou-se com melhora na função do VE e regressão do volume e tamanho do VE. Além disso, a classe funcional melhorou no final do acompanhamento.

Estudos prévios demonstraram que 30-60% dos pacientes apresentam uma melhora na FEVE ≥ 5% após a CRVM.<sup>10-14</sup> Nosso estudo apresentou taxas ainda mais altas na recuperação da função do VE. Uma vez que as medicações exercem um importante papel no remodelamento do VE, é possível que o tratamento clínico otimizado durante o período de acompanhamento tenha influenciado esse resultado.<sup>15,16</sup>

O momento em que houve melhora da função do VE após a revascularização é um achado interessante. A melhora na contratilidade foi sustentada no longo prazo, mas não houve incremento adicional após o ganho do curto prazo. Esses achados estão de acordo com publicações prévias, mostrando que uma resposta precoce ocorre no primeiro ano, mas sem melhorias adicionais ao longo do tempo.<sup>12,17</sup>

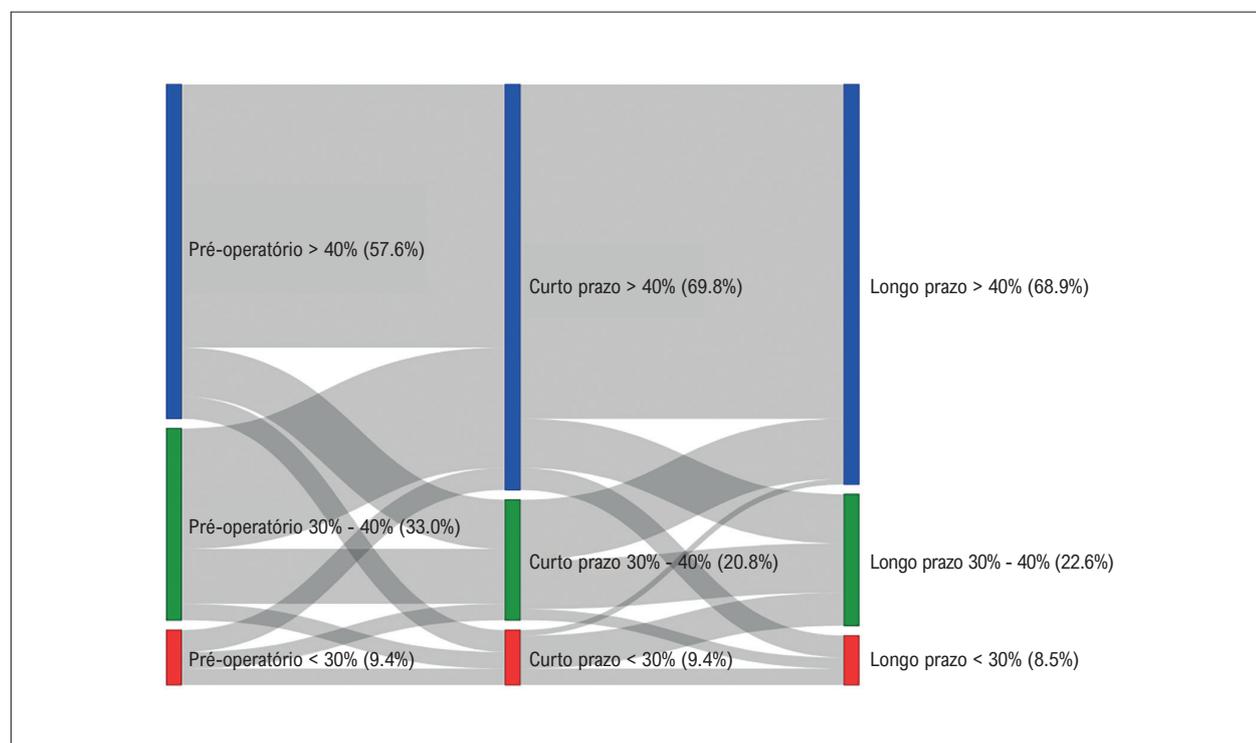
A coexistência de doença carotídea e doença arterial coronariana identifica um grupo de indivíduos com alta carga aterosclerótica e, portanto, com maior taxa de evento cardiovascular.<sup>18,19</sup> Visto que pacientes com doença coronariana complexa e multivascular apresentam melhores resultados com a CRVM, isto que pode ser uma explicação para o papel da doença cerebrovascular como um preditor de melhora na função do VE.<sup>20</sup>

Após vários estudos observacionais, o STICH foi o primeiro ensaio randomizado a estabelecer o valor prognóstico da CRVM na insuficiência cardíaca isquêmica.<sup>21</sup> Surpreendentemente, um subestudo identificou que a redução no volume do VE é mais provável de acontecer naqueles submetidos a CRVM do que nos que ficaram em tratamento conservador, mas o benefício prognóstico da revascularização não está relacionado a essa redução.<sup>22</sup>

**Tabela 4 – Parâmetros ecocardiográficos de pacientes (n=136) com cardiomiopatia isquêmica submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica entre 2013 e 2017**

Variável	Pré-operatório	Curto prazo (3,6 meses)	Longo prazo (30,8 meses)	p
FEVE %	40,9 ± 8,6	47,0 ± 12,6	48,1 ± 15,0	p<0,001
WMSI	1,99 ± 0,36	1,80 ± 0,50	1,75 ± 0,49	p<0,001
VSF (mL)	97,3 (70,0:118,2)	78,6 (50,9:107,5)	78,0 (47,7:112,8)	p<0,001
VDF (mL)	166,6 (135,3:201,2)	147,4 (123,8:180,0)	147,4 (123,8:180,0)	p<0,001
DSF do VE (cm)	4,6 (4,0:5,0)	4,2 (3,5:4,8)	4,2 (3,4:4,9)	p<0,001
DDF do VE (cm)	5,8 (5,3:6,3)	5,5 (5,1:6,0)	5,5 (5,1:6,0)	p<0,001

Dados apresentados em média ± desvio padrão (intervalo interquartil); FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; DDF: diâmetro diastólico final; DSF: diâmetro sistólico final; VSF: volume sistólico final; VDF: volume diastólico final; escore do índice de motilidade (WMSI, do inglês wall motion score index).



**Figura 1 – Diagrama de Sankey apresentando a mudança na fração de ejeção do ventrículo esquerdo (%) do basal ao seguimento de curto prazo e seguimento de longo prazo.**

## Conclusão

Pacientes com SCC e fração de ejeção reduzida submetidos à CRVM apresentaram uma melhora no curto prazo, tanto na função contrátil como no tamanho do VE, com uma resposta benéfica no longo prazo na classe funcional.

## Limitações

Este é um estudo retrospectivo e observacional, com desfechos cirúrgicos derivados de um único centro. Embora o estudo tenha envolvido um número razoável de pacientes, é necessário considerar que os exames de ecocardiografia não foram padronizados e foram realizados por diferentes operadores.

**Tabela 5 – Predição de melhoria  $\geq 10\%$  na fração de ejeção do ventrículo esquerdo por regressão logística univariada**

Variável	Beta estimado	SE	p	OR 95%
Doença trivascular	-0,378	0,52	0,47	0,68 (0,25-1,91)
FEVE < 35%	0,846	0,53	0,11	2,33 (0,82-6,58)
Número de pontes inseridas $\geq 3$	0,005	0,52	0,99	1,01 (0,36-2,79)
DA proximal $\geq 70\%$	-0,165	0,41	0,69	0,85 (0,38-1,91)
LTCE $\geq 50\%$	-0,176	0,41	0,67	0,84 (0,37-1,88)
Diabetes	0,165	0,37	0,65	1,18 (0,57-2,42)
Doença cerebrovascular	-1,532	0,48	0,001	0,22 (0,08-0,55)

FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; OR: odds ratio; LTCE: lesão do tronco da coronária esquerda; DA: descendente anterior; SE: erro padrão.

### Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Bassan F, Esporcatte R; Obtenção de dados: Bassan F, Guina OD, Weigert GS, Oliveira GCN; Análise e interpretação dos dados, Análise estatística e Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo: Bassan F, Esporcatte R, Correia MG; Redação do manuscrito: Bassan F.

#### Potencial conflito de interesse

Não há conflito com o presente artigo

#### Fontes de financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

### Vinculação acadêmica

Este artigo é parte de tese de doutorado de Fernando Bassan pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

### Aprovação ética e consentimento informado

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Instituto Nacional de Cardiologia sob o número de protocolo 2.012.934. Todos os procedimentos envolvidos nesse estudo estão de acordo com a Declaração de Helsinki de 1975, atualizada em 2013. O consentimento informado foi obtido de todos os participantes incluídos no estudo.

### Referências

- Wong M, Staszewsky L, Latini R, Barlera S, Glazer R, Aknay N, et al. Severity of Left Ventricular Remodeling Defines Outcomes and Response to Therapy in Heart Failure: Valsartan Heart Failure Trial (Val-HeFT) Echocardiographic Data. *J Am Coll Cardiol.* 2004;43(11):2022-7. doi: 10.1016/j.jacc.2003.12.053.
- Topkara VK, Cheema FH, Kesavaramanujam S, Mercado ML, Cheema AF, Namerow PB, et al. Coronary Artery Bypass Grafting in Patients with Low Ejection Fraction. *Circulation.* 2005;112(9 Suppl):I344-50. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.104.526277.
- Roth GA, Mensah GA, Johnson CO, Addolorato G, Ammirati E, Baddour LM, et al. Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors, 1990-2019: Update from the GBD 2019 Study. *J Am Coll Cardiol.* 2020;76(25):2982-3021. doi: 10.1016/j.jacc.2020.11.010.
- Felker GM, Shaw LK, O'Connor CM. A Standardized Definition of Ischemic Cardiomyopathy for Use in Clinical Research. *J Am Coll Cardiol.* 2002;39(2):210-8. doi: 10.1016/s0735-1097(01)01738-7.
- Breathett K, Allen LA, Udelson J, Davis G, Bristow M. Changes in Left Ventricular Ejection Fraction Predict Survival and Hospitalization in Heart Failure with Reduced Ejection Fraction. *Circ Heart Fail.* 2016;9(10):e002962. doi: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.115.002962.
- Panza JA, Ellis AM, Al-Khalidi HR, Holly TA, Berman DS, Oh JK, et al. Myocardial Viability and Long-Term Outcomes in Ischemic Cardiomyopathy. *N Engl J Med.* 2019;381(8):739-48. doi: 10.1056/NEJMoa1807365.
- Panza JA, Holly TA, Asch FM, She L, Pellikka PA, Velazquez EJ, et al. Inducible Myocardial Ischemia and Outcomes in Patients with Coronary Artery Disease and Left Ventricular Dysfunction. *J Am Coll Cardiol.* 2013;61(18):1860-70. doi: 10.1016/j.jacc.2013.02.014.
- Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, Simoons ML, Chaitman BR, White HD, et al. Third Universal Definition of Myocardial Infarction. *Eur Heart J.* 2012;33(20):2551-67. doi: 10.1093/eurheartj/ehs184.
- 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. doi: 10.1016/j.echo.2014.10.003.
- Bax JJ, Schinkel AFL, Boersma E, Elhendy A, Rizzello V, Maat A, et al. Extensive Left Ventricular Remodeling does Not Allow Viable Myocardium to Improve in Left Ventricular Ejection Fraction after Revascularization and is Associated with Worse Long-Term Prognosis. *Circulation.* 2004;110(11 Suppl 1):II18-22. doi: 10.1161/01.CIR.0000138195.33452.b0.
- Bax JJ, Maddahi J, Poldermans D, Elhendy A, Schinkel A, Boersma E, et al. Preoperative Comparison of Different Noninvasive Strategies for Predicting Improvement in Left Ventricular Function after Coronary Artery Bypass Grafting. *Am J Cardiol.* 2003;92(1):1-4. doi: 10.1016/s0002-9149(03)00454-5.
- Carluccio E, Biagioli P, Alunni G, Murrone A, Giombolini C, Ragni T, et al. Patients with Hibernating Myocardium Show Altered Left Ventricular Volumes and Shape, Which Revert after Revascularization: Evidence that Dyssynergy Might Directly Induce Cardiac Remodeling. *J Am Coll Cardiol.* 2006;47(5):969-77. doi: 10.1016/j.jacc.2005.09.064.

13. Wang S, Borah BJ, Cheng S, Li S, Zheng Z, Gu X, et al. Diabetes Associated with Greater Ejection Fraction Improvement after Revascularization in Patients with Reduced Ejection Fraction. *Front Cardiovasc Med*. 2021;8:751474. doi: 10.3389/fcvm.2021.751474.
14. Velagaleti RS, Vetter J, Parker R, Kurgansky KE, Sun YV, Djousse L, et al. Change in Left Ventricular Ejection Fraction with Coronary Artery Revascularization and Subsequent Risk for Adverse Cardiovascular Outcomes. *Circ Cardiovasc Interv*. 2022;15(4):e011284. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.121.011284.
15. Metra M, Nodari S, Parrinello G, Giubbini R, Manca C, Dei Cas L. Marked Improvement in Left Ventricular Ejection Fraction During Long-Term Beta-Blockade in Patients with Chronic Heart Failure: Clinical Correlates and Prognostic Significance. *Am Heart J*. 2003;145(2):292-9. doi: 10.1067/mhj.2003.105.
16. Khattar RS, Senior R, Soman P, van der Does R, Lahiri A. Regression of Left Ventricular Remodeling in Chronic Heart Failure: Comparative and Combined Effects of Captopril and Carvedilol. *Am Heart J*. 2001;142(4):704-13. doi: 10.1067/mhj.2001.116768.
17. Lozonschi L, Kohmoto T, Osaki S, Oliveira NC, Dhingra R, Akhter SA, et al. Coronary Bypass in Left Ventricular Dysfunction and Differential Cardiac Recovery. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2017;25(9):586-93. doi: 10.1177/0218492317744472.
18. Bytyci I, Shenouda R, Wester P, Henein MY. Carotid Atherosclerosis in Predicting Coronary Artery Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2021;41(4):e224-37. doi: 10.1161/ATVBAHA.120.315747.
19. Kallikazaros I, Tsioufis C, Sideris S, Stefanadis C, Toutouzas P. Carotid Artery Disease as a Marker for the Presence of Severe Coronary Artery Disease in Patients Evaluated for Chest Pain. *Stroke*. 1999;30(5):1002-7. doi: 10.1161/01.str.30.5.1002.
20. Serruys PW, Morice M-C, Kappetein AP, Colombo A, Holmes DR, Mack MJ, et al. Percutaneous Coronary Intervention versus Coronary-Artery Bypass Grafting for Severe Coronary Artery Disease. *N Engl J Med*. 2009;360(10):961-72. doi: 10.1056/NEJMoa0804626.
21. Velazquez EJ, Lee KL, Jones RH, Al-Khalidi HR, Hill JA, Panza JA, et al. Coronary-Artery Bypass Surgery in Patients with Ischemic Cardiomyopathy. *N Engl J Med*. 2016;374(16):1511-20. doi: 10.1056/NEJMoa1602001.
22. Zhou Z, Zhuang X, Liu M, Jian B, Fu G, Liao X, et al. Left Ventricular Volume Change and Long-Term Outcomes in Ischaemic Cardiomyopathy with or without Surgical Revascularisation: A Post-Hoc Analysis of a Randomised Controlled Trial. *EClinicalMedicine*. 2022;53:101626. doi: 10.1016/j.eclinm.2022.101626.

