

Integral Velocidade–Tempo do Trato de Saída do Ventrículo Esquerdo (LVOT VTI) Como Marcador de Desempenho Cardíaco: Dados de Mortalidade da Coorte ELSA-Brasil

Left Ventricular Outflow Tract Velocity-Time Integral (LVOT VTI) as a Marker of Cardiac Performance: Mortality Data of the ELSA-Brasil Cohort

Mariana de Castro Lopes,¹ Altair Ivory Heidemann Jr.,¹ Eduardo G. Pianca,¹ Bruce B. Duncan,^{2,3} Murilo Foppa,^{1,2} Angela B.S. Santos^{1,2}

Cardiology Division, Hospital de Clínicas de Porto Alegre,¹ Porto Alegre, RS – Brasil

Post-Graduate Program in Cardiology and Cardiovascular Sciences, Medical School, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,² Porto Alegre, RS – Brasil

Post-Graduate Program in Epidemiology, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,³ Porto Alegre, RS – Brasil

A Ecocardiografia Transtorácica (ETT) é uma ferramenta amplamente estabelecida para a avaliação da função cardíaca e da hemodinâmica. Embora parâmetros de função sistólica e diastólica do Ventrículo Esquerdo (VE) sejam comumente utilizados, o Débito Cardíaco (DC) permanece central na avaliação do estado hemodinâmico, especialmente em contextos de cuidados intensivos. Parâmetros derivados da ETT, como a Integral Velocidade–Tempo do Trato de Saída do Ventrículo Esquerdo (LVOT VTI) e a área do trato de saída, quando combinados a características antropométricas e à frequência cardíaca, permitem estimativas não invasivas do débito cardíaco. Entretanto, a precisão dos cálculos de DC pode diminuir quando múltiplas covariáveis são incluídas, sendo o diâmetro da LVOT uma das principais fontes de erro.¹ Em contraste, a LVOT VTI isoladamente pode representar um marcador substituto mais simples e potencialmente mais reprodutível do desempenho cardíaco.

Em pacientes com Insuficiência Cardíaca com Fração de Ejeção reduzida (ICFER), valores de LVOT VTI inferiores a 12 cm ou 8 cm foram associados a piores desfechos cardiovasculares, com aumento progressivo do risco à medida que o VTI diminui.^{2,3} De forma semelhante, em casos de embolia pulmonar de risco intermediário a alto, uma LVOT VTI ≤ 15 cm associou-se a maior mortalidade intra-hospitalar, parada cardiorrespiratória, choque e necessidade de terapia de reperfusão.⁴ Na insuficiência mitral secundária, uma LVOT VTI ≤ 17 cm prediz mortalidade cardiovascular mortalidade por todas

as causas.⁵ Em adultos ambulatoriais com Doença Arterial Coronariana (DAC) estável, LVOT VTI ≤ 18 cm esteve associado à hospitalização por insuficiência cardíaca e à mortalidade.⁶ Apesar desses achados, ainda há dados limitados quanto à utilidade da LVOT VTI em adultos vivendo na comunidade.

Neste estudo, buscamos avaliar a associação entre LVOT VTI e mortalidade entre participantes da coorte ELSA-Brasil, um estudo multicêntrico ocupacional com adultos brasileiros.⁷ Os participantes foram submetidos à ETT padronizada entre 2008 e 2010, conforme diretrizes publicadas. Todos os exames foram posteriormente analisados em laboratório central.⁷ As medidas incluíram LVOT VTI, Fração de Ejeção do Ventrículo Esquerdo (FEVE), Índice de Volume Sistólico (IVS) e Índice Cardíaco (IC). A mortalidade foi avaliada por acompanhamento anual e adjudicada pelos investigadores até dezembro de 2022.

Dados ecocardiográficos estavam disponíveis para 2.237 participantes ($58,6 \pm 9,1$ anos; 46% do sexo masculino). A média da LVOT VTI foi $19,6 \pm 4,0$ cm, e 11% apresentaram valor inferior ao ponto de corte pré-especificado (< 15 cm), semelhante aos pontos de corte adotados em outros estudos e situado entre os percentis 10 e 25 da distribuição da amostra. Participantes com LVOT VTI < 15 cm eram ligeiramente mais velhos ($57 \pm 9,9$ vs. $58,8 \pm 8,9$ anos; $p = 0,009$) e apresentavam maior proporção de homens (63% vs. 44%; $p < 0,001$) em comparação ao grupo com LVOT VTI ≥ 15 cm. A prevalência de outros parâmetros de desempenho cardíaco abaixo dos limiares estabelecidos de anormalidade^{4,5} foi: FEVE $< 50\%$ ($n = 71$; 3%), IVS < 38 mL/m² ($n = 1.673$; 74%) e IC ≤ 2 L/min/m² ($n = 905$; 40%). A distribuição das demais variáveis relevantes encontra-se na **Tabela 1**. Durante acompanhamento médio de $11,8 \pm 2,2$ anos, ocorreram 199 óbitos (8,9%), sendo 137 em homens e 62 em mulheres.

A mortalidade foi maior entre os participantes com LVOT VTI < 15 cm em comparação àqueles com valores ≥ 15 cm (12,6% vs. 8,4%; teste de log-rank $\chi^2 = 4,68$; $p = 0,026$; **Figura 1**). Na análise multivariada por modelo de riscos proporcionais de Cox, essa associação mostrou-se independente de idade e sexo (Modelo 1: HR 1,48; IC de 95% 1,00–2,18; $p = 0,048$). A associação permaneceu

Palavras-chave

Ecocardiografia; Medição de Risco; Mortalidade; Voluntários Saudáveis.

Correspondência: Mariana de Castro Lopes •

Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Rua Ramiro Barcelos, 2350, Sala 2061.

CEP: 90035-903. Porto Alegre, RS – Brasil

Email: marianadecastro.lopes@gmail.com

Artigo recebido em 06/02/2026; revisado em 09/02/2026; aceito em 09/02/2026

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20260013>

Tabela 1 – Características basais.

	Geral (N = 2.237)	LVOT VTI < 15 cm N = 246	LVOT VTI ≥ 15 cm N = 1.991	Valor de p
Sexo masculino (%)	1028 (46)	157 (64)	871 (44)	< 0,001
Idade (anos)	58,6 ± 9	57 ± 9,9	58,8 ± 8,9	0,009
Frequência cardíaca (bpm)	67 ± 10	73,9 ± 11,6	66,7 ± 10,1	< 0,001
PAS	125,1 ± 18,8	126,1 ± 18,3	125 ± 18,8	0,38
PAD	76,1 ± 10,7	78,8 ± 11,1	75,8 ± 10,7	< 0,001
Altura (cm)	163,9 ± 9,3	165,9 ± 9,7	163,7 ± 9,3	< 0,001
Peso (kg)	72 ± 13,5	72,4 ± 13,6	71,9 ± 13,6	0,57
Área de superfície corporal (m ²)	1,77 ± 0,19	1,79 ± 0,2	1,77 ± 0,19	0,073
Índice de massa corporal kg/m ²)	26,5 ± 4,2	25,9 ± 3,55	26,6 ± 4,12	0,11
Hipertensão, (%)	1019 (45,6)	119 (48)	900 (45)	0,364
Diabetes (%)	459 (20,5)	53 (21)	406 (20)	0,675
FEVE (%)	66 ± 8,2	60,5 ± 11,7	67,1 ± 7,3	< 0,001
Índice de SV (mL/m ²)	32,8 ± 8,7	25,3 ± 5,9	33,8 ± 8,5	< 0,001
Débito cardíaco (L/min)	3,89 ± 1,1	3,3 ± 0,98	3,9 ± 1,1	< 0,001
Índice cardíaco (L/min ²)	2,19 ± 0,58	1,8 ± 0,5	2,2 ± 0,59	< 0,001

As variáveis contínuas são expressas como média ± desvio padrão e as variáveis categóricas como número (percentagem). PAS: Pressão Arterial Sistólica; PAD: Pressão Arterial Diastólica; VS: Volume sistólico, FEVE: Fração de Ejeção do Ventriculo Esquerdo.

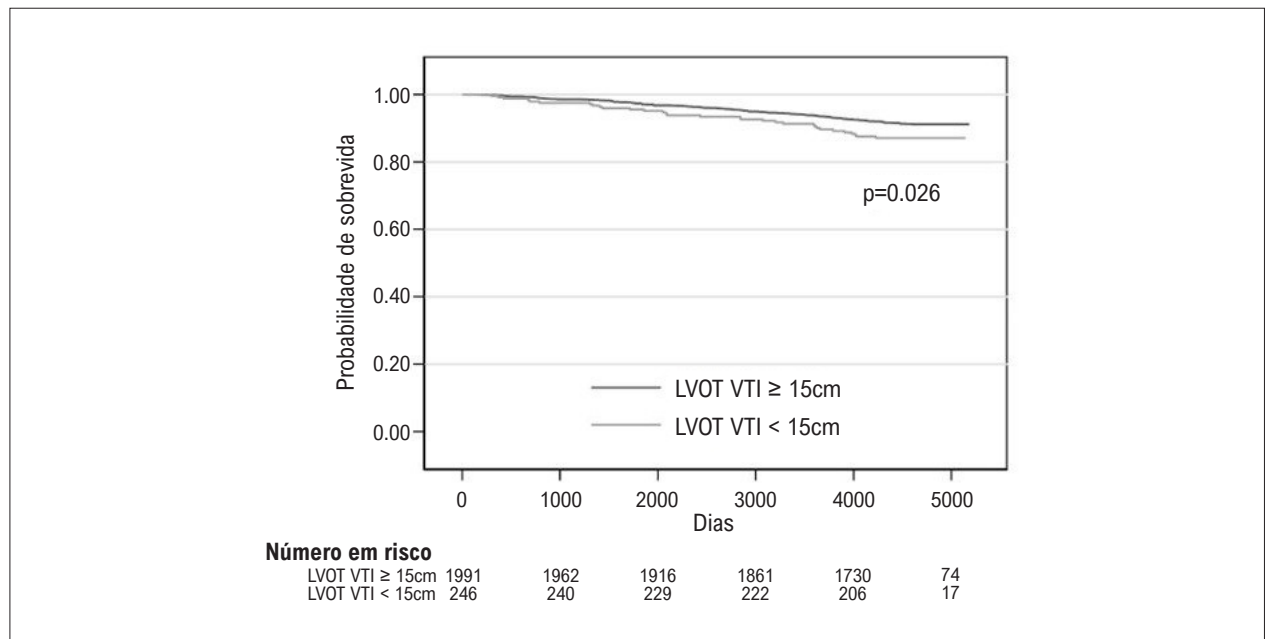


Figura 1 – Sobrevida de Kaplan-Meier de acordo com a categoria VTI da LVOT (< 15 cm vs. ≥ 15 cm).

significativa após ajuste para área de superfície corporal (Modelo 2) e apresentou discreta atenuação após ajuste adicional para pressão arterial sistólica (Modelo 3: HR 1,46; IC de 95% 0,99–2,15; $p = 0,053$) (Tabela 2). De modo

geral, valores mais baixos de LVOT VTI associaram-se de forma consistente a maior risco de mortalidade em todos os modelos, mesmo após ajustes sequenciais para covariáveis demográficas e hemodinâmicas.

Comunicação Breve

Tabela 2 – Modelos multivariados de Cox para mortalidade por todas as causas segundo LVOT VTI (< 15 cm vs. ≥ 15 cm)

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
	HR (IC de 95%) - Valor de p		
Idade (anos)	1,09 (1,07–1,12), <i>p</i> < 0,001	1,09 (1,07–1,12), <i>p</i> < 0,001	1,08 (1,06–1,11), <i>p</i> < 0,001
Sexo masculino	2,58 (1,91–3,50), <i>p</i> < 0,001	2,70 (1,90–3,84), <i>p</i> < 0,001	2,47 (1,74–3,52), <i>p</i> < 0,001
LVOT-VTI < 15 cm	1,48 (IC 1.00–2.18), <i>p</i> = 0,048	1,48 (1,00–2,17), <i>p</i> = 0,048	1,46 (0,99–2,15), <i>p</i> = 0,053
Área de superfície corporal (m²)	—	0,81 (0,34–1,92), <i>p</i> = 0,637	0,83 (0,35–1,98), <i>p</i> = 0,682
PAS (mmHg)	—	—	1,01 (1,01–1,02), <i>p</i> < 0,001
p (modelo global)	< 0,001	< 0,001	< 0,001

LVOT VTI: integral velocidade-tempo do trato de saída do ventrículo esquerdo; ASC: área de superfície corporal; PAS: pressão arterial sistólica; HR: razão de risco; IC: intervalo de confiança.

Observou-se ainda correlação fraca entre LVOT VTI e altura ($r = -0,073$; $p < 0,001$), e ausência de correlação significativa com peso ($r = 0,039$; $p = 0,067$) ou com área de superfície corporal ($r = 0,0003$; $p = 0,99$), reforçando a relativa independência do LVOT VTI em relação às características antropométricas.

Em síntese, uma LVOT VTI < 15 cm foi associada a maior mortalidade em adultos residentes na comunidade em um país de renda média. A LVOT VTI pode representar uma métrica simples para rastreamento do desempenho cardíaco na estratificação de risco cardiovascular em populações gerais, independentemente de ajustes para variáveis demográficas e hemodinâmicas. Estudos adicionais são necessários para confirmar o papel independente da LVOT VTI na classificação de risco e para definir pontos de corte clinicamente relevantes em diferentes contextos clínicos.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa, obtenção de dados: Lopes MC, Foppa M, Santos ABS; análise e interpretação dos dados e análise estatística: Lopes MC, Heidemann Jr. AI, Pianca EG, Foppa M, Santos ABS; redação do manuscrito: Lopes MC, Santos ABS; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Heidemann Jr. AI, Pianca EG, Duncan BB, Foppa M, Santos ABS.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Referências

- Goldman JH, Schiller NB, Lim DC, Redberg RF, Foster E. Usefulness of Stroke Distance by Echocardiography as a Surrogate Marker of Cardiac Output that is Independent of Gender and Size in a Normal Population. *Am J Cardiol.* 2001;87(4):499-502. doi: 10.1016/s0002-9149(00)01417-x.
- Dini FL, Barletta V, Ballo P, Cioffi G, Pugliese NR, Rossi A, et al. Left Ventricular Outflow Indices in Chronic Systolic Heart Failure: Thresholds and Prognostic Value. *Echocardiography.* 2025;42(2):e70109. doi: 10.1111/echo.70109.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Hospital Clínicas de Porto Alegre sob o número de protocolo 0017.1.069.000-06 194/06. 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.

Uso de Inteligência Artificial

Os autores não utilizaram ferramentas de inteligência artificial no desenvolvimento deste trabalho.

Disponibilidade de Dados

Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo está disponível mediante solicitação ao autor correspondente.

3. Tan C, Rubenson D, Srivastava A, Mohan R, Smith MR, Billick K, et al. Left Ventricular Outflow Tract Velocity Time Integral Outperforms Ejection Fraction and Doppler-Derived Cardiac Output for Predicting Outcomes in a Select Advanced Heart Failure Cohort. *Cardiovasc Ultrasound*. 2017;15(1):18. doi: 10.1186/s12947-017-0109-4.
4. Yuriditsky E, Mitchell OJ, Sibley RA, Xia Y, Sista AK, Zhong J, et al. Low Left Ventricular Outflow Tract Velocity Time Integral is Associated with Poor Outcomes in Acute Pulmonary Embolism. *Vasc Med*. 2020;25(2):133-40. doi: 10.1177/1358863X19880268.
5. Gentile F, Buoncristiani F, Sciarrone P, Bazan L, Panichella G, Gasparini S, et al. Left Ventricular Outflow Tract Velocity-Time Integral Improves Outcome Prediction in Patients with Secondary Mitral Regurgitation. *Int J Cardiol*. 2023;392:131272. doi: 10.1016/j.ijcard.2023.131272.
6. Ristow B, Na B, Ali S, Whooley MA, Schiller NB. Left Ventricular Outflow Tract and Pulmonary Artery Stroke Distances Independently Predict Heart Failure Hospitalization and Mortality: The Heart and Soul Study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2011;24(5):565-72. doi: 10.1016/j.echo.2010.12.024.
7. Mill JG, Pinto K, Griep RH, Goulart A, Foppa M, Lotufo PA, et al. Medical Assessments and Measurements in ELSA-Brasil. *Rev Saude Publica*. 2013;47 (Suppl 2):54-62. doi: 10.1590/s0034-8910.2013047003851.

