

Strain de Reservatório do Átrio Esquerdo e Hemodinâmica Cardiovascular: o que as aparências não mostram

Left Atrium Reservoir Strain and Cardiovascular Hemodynamics: the Hidden Truths Reveal Far More Than What is Readily Apparent

Renato A. Hortegal,^{1,2} David Le Bihan,^{1,2} Rodrigo Barretto,¹ Wilson Mathias Jr.^{1,2}

Instituto do Coração (Incor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP),¹ São Paulo, SP – Brasil
Grupo Fleury,² São Paulo, SP – Brasil

*“If it is any point requiring reflection,
we shall examine it to better purpose in the dark.”*

— Edgar Allan Poe, *The Purloined Letter* (1844)

Nos últimos 15 anos, a Ecocardiografia com *Speckle Tracking* tem se consolidado como uma técnica robusta na avaliação da função miocárdica global e regional. Entre suas aplicações em expansão, o Strain do Átrio Esquerdo (AE), principalmente na fase de reservatório, emergiu como um parâmetro clinicamente relevante. Um Strain do reservatório do AE (LASr) reduzido tem sido associado a pressões de enchimento elevadas do Ventrículo Esquerdo (VE), recorrência de fibrilação atrial, internações por insuficiência cardíaca e mortalidade cardiovascular geral.^{1,2} Refletindo esse crescente conjunto de evidências, o LASr foi formalmente incorporado à prática clínica nas “Recomendações para a Avaliação da Função Diastólica do Ventrículo Esquerdo por Ecocardiografia e para o Diagnóstico de Insuficiência Cardíaca com Fração de Ejeção Preservada: Uma Atualização da Sociedade Americana de Ecocardiografia”,³ recentemente publicadas.

Apesar disso, a complexidade da mecânica do AE tem seguido, em grande parte, uma abordagem excessivamente simplificada: frequentemente é tratada como um marcador substituído das pressões de enchimento, avaliada de forma isolada e interpretada com valores de corte fixos, sem integrar o contexto hemodinâmico e mecânico em que o átrio opera. Embora tal abordagem tenha facilitado sua adoção clínica, ela pode obscurecer nuances fisiológicas importantes e levar a interpretações errôneas em cenários complexos.

A parede do Átrio Esquerdo é histologicamente semelhante às veias pulmonares, com espessura média variando de 2,3 a 4,4 mm, o que corresponde a menos de 30% da espessura da parede do VE.⁴ Isso a torna altamente sensível à influência

mecânica de estruturas adjacentes que operam em uma escala de força muito maior. Portanto, do ponto de vista fisiológico, o strain do reservatório do AE é um biomarcador composto, moldado por pelo menos três componentes principais:^{5,6}

1. Relaxamento atrial precoce, refletido na onda S1 do fluxo venoso pulmonar, que indica a fase inicial de sucção da função de reservatório. Isso se torna ainda mais evidente quando as alterações do volume do AE são analisadas juntamente com as formas de onda da pressão do AE e, eventualmente, aparece como um entalhe sutil no início da curva LASr.
2. Função sistólica longitudinal do ventrículo, responsável pelo deslocamento apical do plano Atrioventricular (AV) durante a sístole. Este componente distende a parede do AE e contribui diretamente para a amplitude do strain do reservatório.
3. Pressão atrial esquerda, particularmente a onda V, que modula a tensão da parede atrial e a complacência do AE.

Essas três forças interagem dinamicamente e definem a forma e a magnitude da curva LASr. Corroborando este conceito, estudos fisiológicos mostram que alterações agudas na pós-carga, como aquelas induzidas pela manobra de handgrip, podem impactar significativamente o strain de reservatório do AE.⁷ Nesse contexto, o aumento da pressão do VE resulta em padrões alterados do LASr, mesmo na ausência de alterações intrínsecas da função atrial, destacando a sensibilidade desta métrica às condições de carga (Figura 1).

Essa interação fisiológica pode gerar insights clínicos práticos. Considere pacientes com regurgitação mitral não grave submetidos à Terapia de Ressincronização Cardíaca (TRC). A melhora da regurgitação mitral frequentemente reduz a pré-carga do AE⁸ e, subsequentemente, diminui o LASr, apesar da remodelação favorável do VE e da diminuição do volume sistólico final do VE. Sem uma contextualização hemodinâmica, esse aparente paradoxo pode ser mal interpretado como piora funcional, quando, na realidade, reflete a normalização das condições de carga.

Um segundo cenário, mais complexo, envolve pacientes com estenose aórtica paradoxal de baixo fluxo e baixo gradiente, um subgrupo que frequentemente se associa à fisiologia da ICPEP. Nesses casos, a infusão de nitroprussiato em baixas doses tem sido explorada como uma ferramenta hemodinâmica para avaliar a reserva contrátil e orientar o tratamento. A avaliação simultânea da Pressão Capilar Pulmonar (PCP) e do strain do AE durante a vasodilatação pode oferecer insights adicionais:

Palavras-chave

Ecocardiografia; Hemodinâmica; Átrios do Coração; Função Atrial

Correspondência: David Le Bihan •

Instituto do Coração (Incor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP) – Av. Dr. Enéas Carvalho de Aguiar, 44. CEP: 05403-900, Cerqueira César, São Paulo, SP – Brasil
E-mail: david.bihan@hc.fm.usp.br

DOI: <https://doi.org/10.36660/abc.20250068>

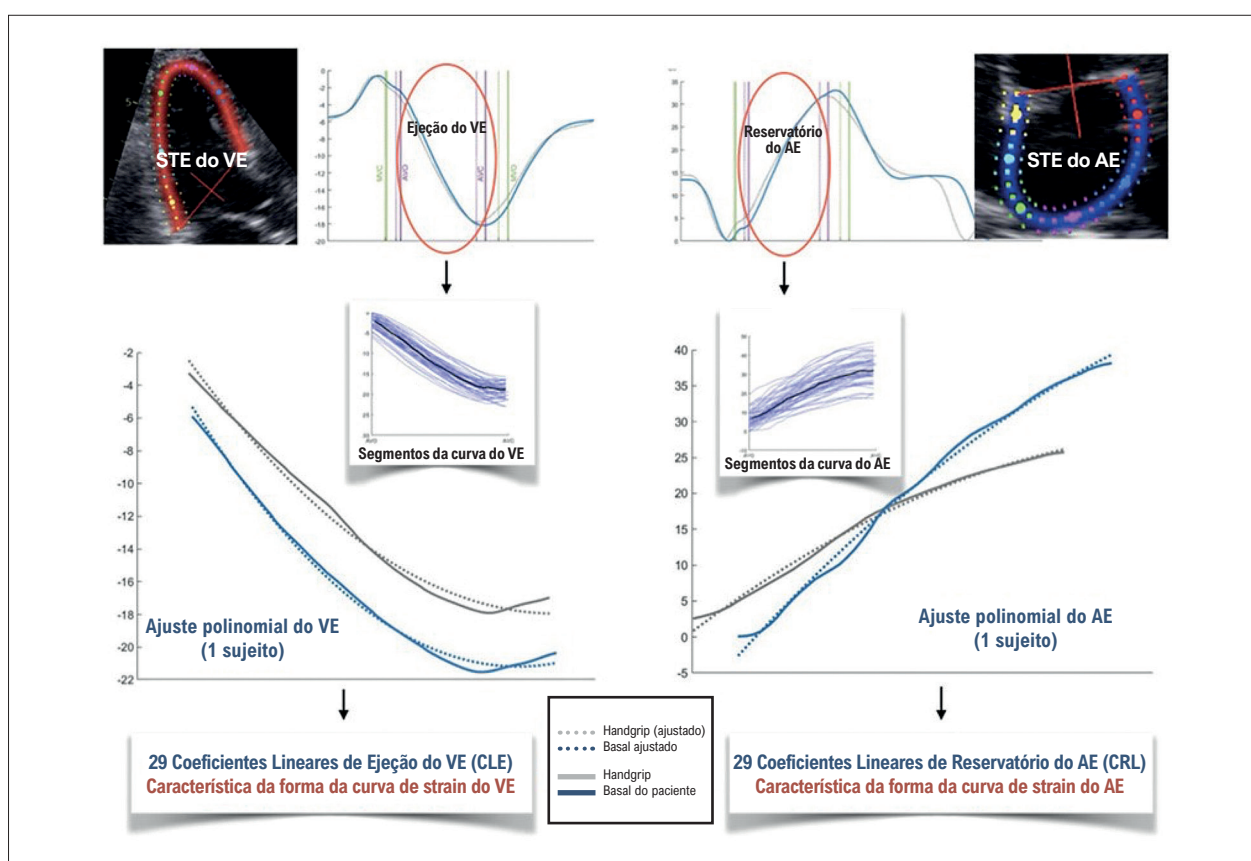


Figura 1 – A Ecocardiografia com Speckle Tracking (STE) foi utilizada para extrair segmentos da curva de strain do Ventrículo Esquerdo (VE) durante a fase de ejeção e do Átrio Esquerdo (AE) durante a fase de reservatório. A regressão polinomial foi aplicada a cada segmento, gerando 29 coeficientes de forma por fase: Coeficientes Lineares de Ejeção do VE (CLE) e Coeficientes Lineares de Reservatório do AE (CRL). As curvas de um indivíduo representativo (em azul) são exibidas juntamente com os ajustes polinomiais do conjunto de curvas para as condições basais e durante a manobra de handgrip (linhas pontilhadas). Essa abordagem foi utilizada para avaliar quantitativamente a mecânica miocárdica ventricular e atrial, para além dos valores de pico de strain. A elevação aguda da pós-carga induzida pela manobra de handgrip mobiliza a reserva contrátil do VE e, em ventrículos com reserva limitada, reduz a velocidade e a magnitude da contração. Esse desbalanço pode resultar em disfunção sistólica do VE mediada por pós-carga e modificar a inclinação da curva de strain de reservatório do AE, alterando consequentemente o seu formato global. Essas alterações são capturadas quantitativamente por meio das mudanças nos coeficientes polinomiais,⁶ fornecendo um marcador quantitativo de acoplamento atrioventricular e de reserva funcional sob estresse.

uma diminuição na PCP e um aumento no LASr em resposta à redução da pressão do AE podem indicar um fenótipo sensível à carga, com aumento da disfunção sistólica e diastólica mediada pela pós-carga, o que corrobora a priorização da terapia medicamentosa orientada por diretrizes para ICDEF e traz cautela e preocupações em relação a tratamentos mais invasivos, como o Implante de Válvula Aórtica Transcaterter (TAVI), que pode levar a um aumento adicional na carga vascular pulsátil e, consequentemente, piorar o acoplamento ventrículo-vascular anormal.⁹ Embora essas estratégias permaneçam exploratórias, elas refletem um reconhecimento crescente de que a avaliação dinâmica da mecânica atrial pode enriquecer o processo diagnóstico e terapêutico.

Outro fato que precisamos considerar é a interação existente entre as diferentes fases da fisiologia Atrial Esquerda. Em algumas circunstâncias, uma diminuição da pressão atrial esquerda pode não ter efeito sobre a fase de reservatório. Isso provavelmente ocorre porque essa fase também reflete

a rigidez do átrio esquerdo, que pode ser impactada pela cronicidade da doença. Nesses casos, a função contrátil ativa do átrio esquerdo pode indicar melhorias na hemodinâmica com mais precisão.¹⁰

Em conclusão, o LASr deve ser interpretado não apenas como um marcador estático da função atrial, mas sim como um sinal dinâmico, modulado pela mecânica ventricular e pelas condições de carga. Não é simplesmente o valor numérico do LASr que é revelado, mas o que pode ser inferido a partir do formato da sua curva, do contexto hemodinâmico e da variação sob estresse, que demanda investigação. Estudos futuros devem buscar refinar sua aplicação por meio de abordagens multiparamétricas integradas, incorporando marcadores de strain e hemodinâmicos. Essas estratégias podem aumentar a precisão diagnóstica da ecocardiografia em condições complexas como ICDEF, doença valvar e cardiomiopatia atrial, nas quais a compreensão do coração como um sistema, e não como câmaras isoladas, é fundamental.

Referências

1. Almeida ALC, Melo MDT, Bihan DCSL, Vieira MLC, Pena JLB, Del Castillo JM, et al. Position Statement on the Use of Myocardial Strain in Cardiology Routines by the Brazilian Society of Cardiology's Department Of Cardiovascular Imaging - 2023. *Arq Bras Cardiol.* 2023;120(12):e20230646. doi: 10.36660/abc.20230646.
2. Thomas L, Marwick TH, Popescu BA, Donal E, Badano LP. Left Atrial Structure and Function, and Left Ventricular Diastolic Dysfunction: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol.* 2019;73(15):1961-77. doi: 10.1016/j.jacc.2019.01.059.
3. Nagueh SF, Sanborn DY, Oh JK, Anderson B, Billick K, Derumeaux G, et al. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography and for Heart Failure with Preserved Ejection Fraction Diagnosis: An Update from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2025;38(7):537-69. doi: 10.1016/j.echo.2025.03.011.
4. Ho SY, Cabrera JA, Sanchez-Quintana D. Left Atrial Anatomy Revisited. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2012;5(1):220-8. doi: 10.1161/CIRCEP.111.962720.
5. Hoit BD, Gabel M. Influence of Left Ventricular Dysfunction on the Role of Atrial Contraction: An Echocardiographic-Hemodynamic Study in Dogs. *J Am Coll Cardiol.* 2000;36(5):1713-9. doi: 10.1016/s0735-1097(00)00922-0.
6. Nishimura RA, Abel MD, Hatle LK, Tajik AJ. Relation of Pulmonary Vein to Mitral Flow Velocities by Transesophageal Doppler Echocardiography. Effect of Different Loading Conditions. *Circulation.* 1990;81(5):1488-97. doi: 10.1161/01.cir.81.5.1488.
7. Uemoto RV, Cancellier R, Hortegal R, Freitas RV, Maduro Y, Paganelli M, et al. The Impact of Isometric Handgrip Testing in Left Atrial Reservoir Function. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2022;23(Suppl 1):jeab289.104. doi:10.1093/ehjci/jeab289.104.
8. Russo E, Russo G, Cassese M, Braccio M, Carella M, Compagnucci P, et al. The Role of Cardiac Resynchronization Therapy for the Management of Functional Mitral Regurgitation. *Cells.* 2022;11(15):2407. doi: 10.3390/cells11152407.
9. Reddy YNV, Nishimura RA. Paradox of Low-Gradient Aortic Stenosis. *Circulation.* 2019;139(19):2195-7. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.038252.
10. Le Bihan DC, Togna DJD, Barretto RB, Assef JE, Machado LR, Ramos AI, et al. Early Improvement in Left Atrial Remodeling and Function after Mitral Valve Repair or Replacement in Organic Symptomatic Mitral Regurgitation Assessed by Three-Dimensional Echocardiography. *Echocardiography.* 2015;32(7):1122-30. doi: 10.1111/echo.12817.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons