

O que o Trabalho Miocárdico Oferece a Mais que o Strain?

What Does Myocardial Work Offer Beyond Strain?

Luiz Otávio de Arruda Santos,^{1,2} Edgar Daminello,¹ Lucas Arraes de França^{1,3}

Hospital Israelita Albert Einstein,¹ São Paulo, SP – Brasil

Beneficência Portuguesa de São Paulo,² São Paulo, SP – Brasil

Hospital Samaritano Paulista,³ São Paulo, SP – Brasil

Introdução

Na imagem cardiovascular atual, um dos métodos que apresenta significativa relevância, acrescentando informações diagnósticas e prognósticas é o *Strain* Longitudinal derivado do *speckle-tracking* com a estimativa do *Strain* Global Longitudinal (SGL) do ventrículo esquerdo. Porém, o SGL apesar de avaliar a deformação miocárdica global do ventrículo esquerdo é dependente de condições de carga que interferem em uma interpretação acurada de seus resultados. Nesse cenário, surge uma técnica emergente, também derivada do *speckle-tracking*, que é o trabalho miocárdico (*myocardial work*, MW). Ela apresenta como vantagem ao *strain* a eliminação do viés pós-carga ao incorporar a pressão arterial sistêmica ao *strain* longitudinal, construindo curvas pressão-*strain* (*pressure-strain loops*, PSL) ao longo do ciclo cardíaco. Com isso, por meio do MW, quantifica-se não só o quanto o miocárdio se deforma longitudinalmente, mas com qual carga ele performa essa deformação, trazendo um refinamento diagnóstico à análise da função ventricular. A metodologia deriva do trabalho de Russell *et al.*, que validaram a área do PSL como índice não invasivo de trabalho e propuseram também o conceito de trabalho desperdiçado (*wasted work*) por descoordenação contrátil.¹ Na prática, extraem-se quatro índices globais: índice global de trabalho (*global work index*, GWI), trabalho construtivo global (*global constructive work*, GCW), trabalho desperdiçado global (*global wasted work*, GWW) e eficiência global do trabalho (*global work efficiency*, GWE = GCW/(GCW+GWW)) (Figura 1). Na Tabela 1, é possível observar os valores de normalidade para o trabalho miocárdico e seus índices provenientes do estudo Normal Reference Ranges for Echocardiography (NORRE) da European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI).²

Como Incorporar Carga ao Strain?

Na maioria dos casos, a curva de pressão do Ventrículo Esquerdo (VE) é estimada a partir da pressão arterial sistêmica aferida pelo manguito durante a realização do exame, sincronizada com a marcação dos tempos de abertura e

fechamento das valvas mitral e aórtica. Em condições nas quais a pressão arterial sistêmica não reflete a pressão intraventricular, como na Estenose Aórtica (EAO), é possível estimar a pós-carga real, acrescentando o gradiente sistólico transvalvar aórtico médio à pressão sistólica arterial sistêmica, estimando-se de maneira não invasiva a pressão sistólica do VE.³⁻⁵ Deve-se aferir o *strain* longitudinal do VE por meio do *speckle-tracking* com a aquisição de cortes apicais de 3, 2 e 4 câmaras, estimando-se o SGL. (Figura 2) Ao incorporar carga à deformação miocárdica longitudinal, o MW ajuda a determinar se valores de *strain* longitudinal se encontram reduzidos apenas por uma pós-carga elevada ou se realmente a redução se deve a diminuição da contratilidade miocárdica intrínseca, algo que o *strain*, isoladamente, não consegue distinguir.^{1,5}

Informações diagnósticas adicionais do MW em cenários atuais

1) Doença Arterial Coronariana (DAC)

Em pacientes com Fração de Ejeção do Ventrículo Esquerdo (FEVE) preservada e sem alterações da contratilidade miocárdica segmentar em repouso, o GWI discriminou melhor DAC significativa que o SGL. No estudo de Edwards *et al.*, a área sob a curva ROC do GWI global foi 0,786 versus 0,693 para o SGL; o ponto de corte de 1.810 mmHg% ofereceu sensibilidade de 92% e especificidade de 51% para detectar a DAC, realçando a maior sensibilidade do MW em pacientes com lesão uniarterial.³ Nessas situações, em repouso, o SGL pode estar normal, e o MW, ao incorporar a pós-carga, mostra-se mais sensível no rastreamento de DAC.³

2) Após infarto com supradesnivelamento do segmento ST

Nas primeiras 24 a 48 horas após Intervenção Coronária Percutânea (ICP) por infarto agudo do miocárdio com supradesnivelamento do Segmento ST (STEMI) anterior, segmentos expostos a alta pós-carga podem exibir valores de *strain* reduzidos sem perda equivalente do trabalho construtivo — um padrão de adaptação que o SGL não é capaz de discriminar. Estudos recentes mostram que, nesse contexto, o trabalho construtivo miocárdico (segmentar e global) foi um melhor preditor de recuperação regional e global quando comparado a índices como a FEVE, SGL e escores de movimentação parietal.⁴ Além disso, pacientes com complicações intra-hospitalares tiveram valores absolutos de GCW global e GWI mais baixos e valores de peptídeo natriurético tipo B N-terminal (NT-proBNP) mais altos, demonstrando o papel prognóstico do MW.⁴ GCW global

Palavras-chave

Ecocardiografia; Doença da Artéria Coronariana; Estenose da Valva Aórtica; Terapia de Ressincronização Cardíaca

Correspondência: Lucas Arraes de França •

Hospital Israelita Albert Einstein. Av. Albert Einstein, 627/701. CEP: 05652-900.

São Paulo, SP – Brasil

E-mail: lucas.franca81@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250103>

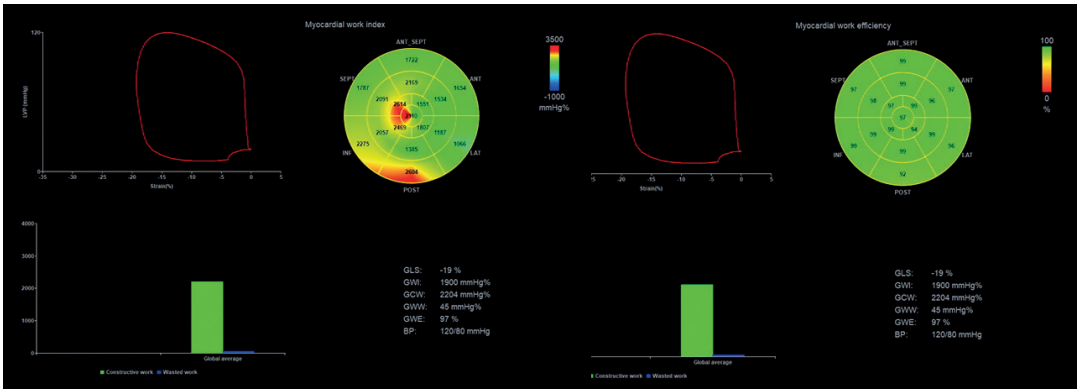


Figura 1 – Mapa polar do índice de trabalho miocárdico, com valores de SGL, GWI, GCW, GWW, GWE e pressão arterial sistêmica no momento do exame.

Tabela 1 – Valores normais de referência para o trabalho miocárdico em homens e mulheres obtidos a partir do estudo NORRE da EACVI.²

	Total	Gênero masculino	Gênero feminino
Número de pacientes	(n = 226)	(n = 85)	(n = 141)
GWI (mm Hg%)	1,896 ± 308	1,849 ± 295	1,924 ± 313
GCW (mm Hg%)	2,232 ± 331	2,228 ± 295	2,234 ± 352
GWW (mm Hg%)	78.5 (53 –122.2)	94 (61.5 –130.5)	74 (49.5 – 111)
GWE (%)	96 (94 – 97)	95 (94 – 97)	96 (94 – 97)

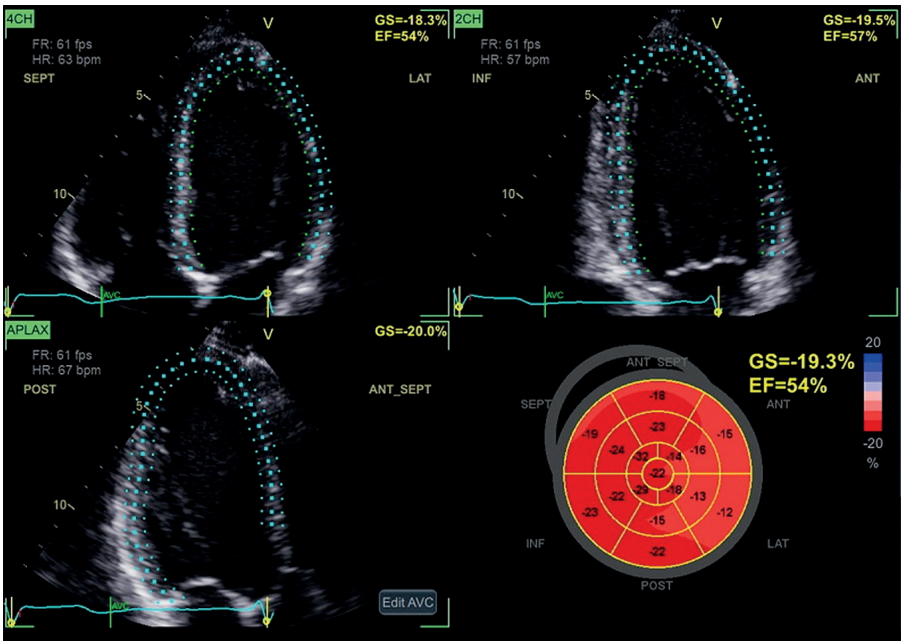


Figura 2 – Cortes apicais de 4, 2 e 3 câmaras com análise do strain longitudinal do ventrículo esquerdo derivado do speckle-tracking.

preservado no território da Artéria Descendente Anterior (ADA), com valores absolutos de *strain* reduzidos, sugere miocárdio viável e maior probabilidade de recuperação contrátil. Já GCW com valores absolutos muito reduzidos apontam para um maior risco de não recuperação da contratilidade miocárdica e de desfechos adversos⁴ (Figura 3).

3) Estenose valvar aórtica

Na estenose valvar aórtica de grau importante, há uma grande limitação do *strain* em distinguir o que é deformação miocárdica longitudinal reduzida devido a resposta adaptativa ao aumento da pós-carga do que é deformação miocárdica longitudinal reduzida por disfunção miocárdica intrínseca. O MW apresenta valor incremental diagnóstico nessa situação. Ao se estimar a pressão sistólica do VE de forma adequada ao contexto (somando-se à pressão sistólica arterial sistêmica ao gradiente sistólico transvalvar aórtico médio) e agregá-la ao *strain* longitudinal do VE, os índices GWI e GCW refletem com maior acurácia a capacidade do ventrículo de realizar trabalho útil sob pós-carga extremamente elevada. Em um estudo realizado em pacientes candidatos a Implante Transcateter de Valva Aórtica (TAVI), o SGL e o MW mostraram associação de forma independente a sintomas de insuficiência cardíaca (classe funcional III/IV da New York Heart Association, NYHA), porém SGL, por sua dependência de condições de carga, mostrou menor correlação estatística. Na prática clínica, isso significa que pacientes com SGL de valores semelhantes podem apresentar capacidades funcionais distintas. Pacientes com valores absolutos de GWI e GCW mais elevados tendem

a manter eficiência mecânica apesar da pós-carga elevada e, portanto, costumam apresentar menos sintomas. Já aqueles com valores absolutos mais baixos desses índices demonstram adaptação incompleta à pós-carga elevada e mais sintomas. Essa leitura mais “fisiológica” favorece uma discussão mais refinada sobre o momento ideal de intervenção, sobretudo quando a fração de ejeção ainda está preservada.⁵

4) Terapia de Ressincronização Cardíaca (TRC)

A resposta à Terapia de Ressincronização Cardíaca (TRC) depende não apenas da correção do atraso eletromecânico, mas da melhor da performance ventricular segmentar e global. Em um coorte retrospectivo envolvendo 97 pacientes que foram submetidos à TRC, o trabalho construtivo total (CWtot), parâmetro métrico global do trabalho construtivo, foi preditor independente de resposta à TRC (remodelamento reverso do ventrículo esquerdo em seis meses). O ponto de corte 1.057 mmHg% demonstrou ser um bom preditor para resposta à TRC, com desempenho comparável ao “septal flash”.⁶ Além disso, o conceito de trabalho septal desperdiçado (energia consumida no alongamento paradoxal) demonstrou correlação com a ineficiência mecânica da dissincronia. Porém, trata-se de estudos iniciais pequenos e que não demonstraram superioridade direta sobre métricas puras de *strain*, apontando a necessidade mais estudos.⁷ O MW não substitui os critérios tradicionais (largura e morfologia do complexo QRS, presença de bloqueio de ramo esquerdo — BRE — e extensão de cicatriz), mas pode auxiliar na tomada de decisão em casos limítrofes.⁸

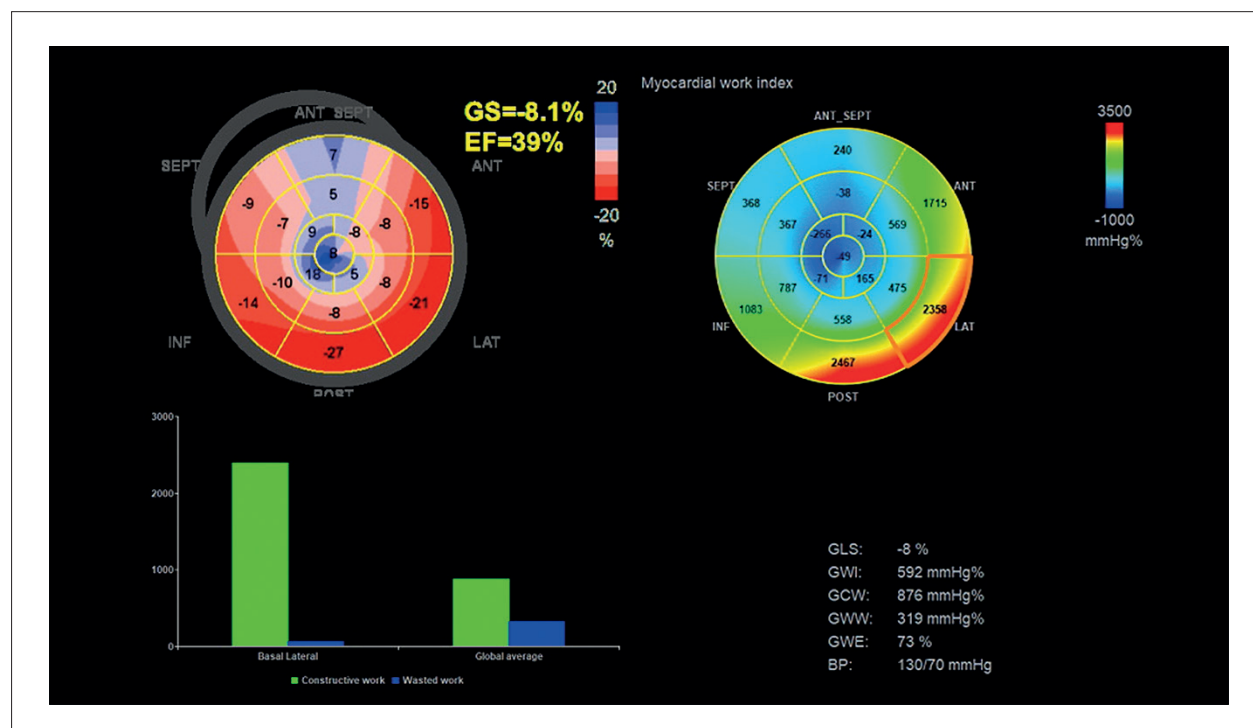


Figura 3 – Análise do SGL e MW em um paciente com IAM com supradesnívelamento do segmento ST em paredes anterosseptal e segmentos apicais do ventrículo esquerdo com valores significativamente reduzidos de SGL, FEVE, GCW, GWI e GWE.

Como interpretar o MW como aliado ao SGL

O MW e o SGL são ferramentas complementares que auxiliam em uma avaliação mais detalhada da deformação miocárdica. O SGL é uma ótima técnica para detectar disfunção sistólica subclínica, acompanhar cardiotoxicidade, monitorar a evolução da disfunção em diversas condições, bem como trazer informações prognósticas. O MW emerge como uma ferramenta adicional ao *strain* quando as condições de carga limitam a interpretação isolada do SGL ou quando se precisa traduzir deformação em trabalho miocárdico efetivo. Em pacientes hipertensos e em portadores de estenose valvar aórtica, o MW, ao eliminar o viés pós-carga, evita a subestimativa da função sistólica. Na suspeita de Doença Arterial Coronária (DAC), com ecocardiograma revelando parâmetros convencionais de função sistólica do VE dentro da normalidade (fração de ejeção e contratilidade miocárdica segmentar preservadas), valores de MW global reduzidos em repouso aumentam a suspeita de isquemia, auxiliando em indicar investigação adicional. Após Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) em parede anterior, o trabalho construtivo tem papel prognóstico em prever recuperação da função sistólica ventricular esquerda. Na TRC, valores absolutos mais elevados de trabalho construtivo antes do implante do ressincronizador sugerem reserva contrátil e maior chance de remodelamento ventricular reverso. Nos laudos ecocardiográficos, é interessante a descrição conjunta dos valores encontrados de GLS e MW, bem como relatar as condições hemodinâmicas de pressão arterial sistêmica e frequência cardíaca no momento do exame para uma interpretação mais acurada dos resultados obtidos.⁹

MW e suas limitações

Assim como o *strain* longitudinal derivado do *speckle-tracking*, a técnica de aferição do MW é dependente de uma

boa qualidade de imagem para rastreamento adequado dos *speckles*. Além disso, trabalhamos com pressão arterial sistêmica estimada de maneira não invasiva, o que exige atenção a contextos específicos. Como já discutido, em pacientes portadores de estenose valvar aórtica, a estimativa da pressão sistólica do ventrículo esquerdo deve ser feita, incorporando o gradiente sistólico transvalvar aórtico médio à medida da pressão arterial sistólica. Em outros cenários, como obstruções fixas ou dinâmicas, a leitura deve ser cautelosa. Há também fatores logísticos, já que a análise está vinculada a um único fornecedor de software específico, o que limita a disseminação do método entre os laboratórios de ecocardiografia. Por fim, embora os estudos mostrem valor incremental em inúmeras situações, as evidências são provenientes de poucos centros, com amostras populacionais pequenas e seguimento curto.⁹

Conclusão

O MW é uma técnica que traz informações adicionais ao *strain*, tendo como papel fundamental a avaliação da deformação miocárdica diante de mudanças de situação de carga. Ao aliar deformação miocárdica longitudinal à pressão arterial sistêmica, fornece informações valiosas sobre o trabalho útil que o ventrículo esquerdo efetua durante o ciclo cardíaco. Em situações de pós-carga elevada, o MW auxilia na distinção se a redução dos valores absolutos do *strain* longitudinal do ventrículo esquerdo se devem ou não a disfunção miocárdica intrínseca. Ajuda ainda a prever recuperação da função sistólica ventricular esquerda em pacientes com STEMI que foram submetidos a ICP, bem como auxilia na detecção de pacientes que possam responder à TRC. É uma técnica que ainda carece de padronização ampla e de validação multicêntrica, porém já oferece informações diagnósticas e prognósticas incrementais.

Referências

- Russell K, Eriksen M, Aaberge L, Wilhelmsen N, Skulstad H, Remme EW, et al. A Novel Clinical Method for Quantification of Regional Left Ventricular Pressure-Strain Loop Area: A Non-Invasive Index of Myocardial Work. *Eur Heart J*. 2012;33(6):724-33. doi: 10.1093/eurheartj/ehs016.
- Manganaro R, Marchetta S, Dulgheru R, Ilardi F, Sugimoto T, Robinet S, et al. Echocardiographic Reference Ranges for Normal Non-Invasive Myocardial Work Indices: Results from the EACVI NORRE Study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2019;20(5):582-90. doi: 10.1093/ehjci/jej188.
- Edwards NFA, Scalia GM, Shiino K, Sabapathy S, Anderson B, Chamberlain R, et al. Global Myocardial Work is Superior to Global Longitudinal Strain to Predict Significant Coronary Artery Disease in Patients with Normal Left Ventricular Function and Wall Motion. *J Am Soc Echocardiogr*. 2019;32(8):947-57. doi: 10.1016/j.echo.2019.02.014.
- Meimoun P, Abdani S, Stracchi V, Elmekies F, Boulanger J, Botoro T, et al. Usefulness of Noninvasive Myocardial Work to Predict Left Ventricular Recovery and Acute Complications after Acute Anterior Myocardial Infarction Treated by Percutaneous Coronary Intervention. *J Am Soc Echocardiogr*. 2020;33(10):1180-90. doi: 10.1016/j.echo.2020.07.008.
- Fortuni F, Butcher SC, van der Kley F, Lustosa RP, Karalis I, de Weger A, et al. Left Ventricular Myocardial Work in Patients with Severe Aortic Stenosis. *J Am Soc Echocardiogr*. 2021;34(3):257-66. doi: 10.1016/j.echo.2020.10.014.
- Galli E, Leclercq C, Fournet M, Hubert A, Bernard A, Smiseth OA, et al. Value of Myocardial Work Estimation in the Prediction of Response to Cardiac Resynchronization Therapy. *J Am Soc Echocardiogr*. 2018;31(2):220-30. doi: 10.1016/j.echo.2017.10.009.
- Vecera J, Penicka M, Eriksen M, Russell K, Bartunek J, Vanderheyden M, et al. Wasted Septal Work in Left Ventricular Dyssynchrony: A Novel Principle to Predict Response to Cardiac Resynchronization Therapy. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2016;17(6):624-32. doi: 10.1093/ehjci/jew019.
- Galli E, Leclercq C, Hubert A, Bernard A, Smiseth OA, Mabo P, et al. Role of Myocardial Constructive Work in the Identification of Responders to CRT. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2018;19(9):1010-8. doi: 10.1093/ehjci/jex191.
- Roemer S, Jaglan A, Santos D, Umland M, Jain R, Tajik AJ, et al. The Utility of Myocardial Work in Clinical Practice. *J Am Soc Echocardiogr*. 2021;34(8):807-18. doi: 10.1016/j.echo.2021.04.013.



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