

Trabalho Miocárdio: uma Revisão Sistemática do Novo Método de Ecocardiografia e Aplicações Clínicas

Myocardial Work: a Systematic Review of Novel Echocardiography Method and Clinical Applications

Sidhi Laksono^{1,2} , Hillary Kusharsamita³ , Mefri Yanni⁴ , Astri Astuti⁵

¹RS Pusat Pertamina, Departamento de Cardiologia e Medicina Vascular, Jakarta do Sul, Indonésia; ²Universitas Muhammadiyah Prof Dr Hamka Faculdade de Medicina, Tangerang, Indonésia; ³Faculdade de Medicina, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonésia; ⁴Universidade de Andalás, Faculdade de Medicina, Departamento de Cardiologia e Medicina Vascular, DR M Djamil Hospital, Padang, Indonésia; ⁵Universitas Padjadjaran, Hasan Sadikin General Hospital, Departamento de Cardiologia e Medicina Vascular, Bandung, Indonésia.

Resumo

Fundamento: O trabalho miocárdico (MW) é uma nova modalidade de imagem que surgiu como uma forma potencial de avaliação da função ventricular esquerda (VE) em vários cenários clínicos. Ele calcula curvas de tensão de ecocardiografia de rastreamento de manchas (STE) com uma curva de pressão LV estimada utilizando curvas padrão de pressão arterial braquial de forma não invasiva. **Objetivo:** O objetivo desta pesquisa foi fornecer um resumo do conhecimento atual da MW não invasiva e suas aplicações clínicas, incluindo insuficiência cardíaca (IC), doença arterial coronariana (DAC), cardiomiopatia (CMP) e hipertensão (HTN). Além disso, são discutidas as limitações e recomendações da MW na prática clínica. **Métodos:** Pesquisamos no banco de dados online PubMed para nossa coleta de dados. Usamos as seguintes palavras-chave; (trabalho construtivo do miocárdio) OU (trabalho septal desperdiçado) OU (trabalho miocárdico global) OU (trabalho miocárdico) OU (trabalho construtivo do miocárdio) OU (ecocardiografia nova). Revisamos ainda doze estudos com leitura de texto completo e incluídos nesta revisão sistemática. **Resultados:** Embora os índices de MW, particularmente GWI e GCW, tenham mostrado uma boa correlação com FE e parâmetros de deformação, a oportunidade de oferecer informações incrementais que não são afetadas pelas condições de carga tornou a aplicação de MW particularmente útil em uma variedade de configurações clínicas. **Conclusão:** Comparado ao FE e GLS, o MW é um teste promissor com maior sensibilidade e acurácia na identificação de indivíduos com doença cardiovascular. Os médicos também devem depender dos sintomas e dos achados do ECG até que uma extensa pesquisa multicêntrica validando essa estratégia seja feita para estabelecer o valor incremental da MW na avaliação ecocardiográfica diária.

Palavras-chave

Contração Miocárdica, Função Ventricular Esquerda, Ecocardiografia, Método não Invasivo.

Correspondência: Sidhi Laksono •

Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Prof Dr Hamka, Jl. Raden Patah No.01, RT.002/RW.006, Parung Serab, Kec. Ciledug, Kota Tangerang, Banten 13460.

E-mail: sidhilaksono@uhamka.ac.id

Artigo recebido em 29/4/2022; revisado em 15/6/2022; aceito em 5/9/2022

Editor responsável pela revisão: Marco S. Lofrano Alves

DOI: 10.47593/2675-312X/20223504eabc299p

Introdução

A avaliação da função sistólica do VE é fundamental em todos os estudos ecocardiográficos. O método de primeira linha para descrever a função sistólica do VE é a fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE). Apesar de seu uso generalizado, a FEVE depende de pressupostos geométricos e é extremamente dependente da carga, resultando em perda substancial de reprodutibilidade; pode ser impulsionada por mudanças na geometria e é insuficientemente sensível na detecção da diminuição da função ventricular. Todas essas questões motivaram a exploração de novos indicadores da função miocárdica.^{1,2}

Na última década, a ecocardiografia por *speckle tracking* (EST) transformou a avaliação da função do VE. O strain longitudinal global (SLG) de pico, obtido a partir da EST, surgiu como um método altamente sensível para detectar disfunção precoce do VE e tem sido utilizado no lugar da FEVE em diversos cenários clínicos.³ No entanto, diversos estudos mostraram que o SLG, assim como a FEVE, tem dependência de carga significativa; portanto, é afetado por pré ou pós-carga elevada.⁴ Nos últimos anos, o trabalho miocárdico (TM) surgiu como uma ferramenta alternativa para a avaliação da função miocárdica.

O método inovador de Russel et al. dá um passo adiante ao avaliar o trabalho miocárdico de forma não invasiva. Os autores acoplaram as curvas de deformação segmentar da EST com uma curva de pressão ventricular esquerda (VE) estimada em que a pressão sistólica do manguito é empregada como substituta do pico de pressão VE.⁵ O método foi validado em diversas doenças, com alta concordância com o método invasivo.⁶ Essa aplicação é benéfica porque alia a medida da pressão arterial com uma abordagem não invasiva por meio de um manguito braquial simples, tornando a tecnologia viável na prática cotidiana em serviços de ecocardiografia. Como resultado, o TM oferece uma ferramenta alternativa para avaliar a mecânica cardíaca e uma forma não invasiva e menos dependente da carga para avaliação do desempenho do VE.^{7,8}

Nosso objetivo é fornecer um resumo atualizado do entendimento atual do TM não invasivo, sua aplicação clínica, direção futura, limitação e recomendação na prática clínica.

Definição e análise do trabalho miocárdico

O procedimento de avaliação ecocardiográfica do TM utiliza o mesmo princípio e abordagens práticas que o processo de captura de imagem 2D para análise do SLG por

Revisão Sistemática

EST. A Tabela 1 a seguir apresenta o TM e seus componentes, ou seja, *global work index* (GWI), *global work efficiency* (GWE), *global constructed work* (GCW), e *global wasted work* (GWW).

Utilizando o mesmo gráfico *bull's-eye* da análise do SLG, os canais GWI do gráfico *bull's-eye* são avaliados visualmente usando uma escala de cores, com o vermelho indicando uma zona de alto trabalho, o verde indicando trabalho normal e o azul indicando trabalho negativo. A transição do zero para um número negativo na escala de cores do esforço desperdiçado é indicada pela cor azul escuro. Como resultado, o azul mais claro

indica trabalho diminuído, mas ainda positivo, enquanto o azul mais profundo é usado para codificar a transição para zero. Por outro lado, o GWE também é mostrado em formato *bull's-eye* segmentado, com valores numéricos e escala colorida. O verde denota locais com alta eficiência (próximo a 100%), enquanto o vermelho denota áreas de baixa eficiência (próximo a 0%).⁹

Método

Esta revisão sistemática foi projetada e realizada de acordo com a diretriz PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Revisamos estudos de língua inglesa publicados nos últimos dez anos que investigaram a aplicação clínica do TM em doenças cardiovasculares, particularmente na IC, DAC, CMP e HTN.

Dois autores independentes pesquisaram o banco de dados online PubMed em 5 de março de 2022 para nossa coleta de dados. Utilizamos as seguintes palavras-chave na busca avançada: (trabalho construtivo do miocárdio) OU (trabalho septal desperdiçado) OU (trabalho miocárdico global) OU (trabalho miocárdico) OU (trabalho construtivo do miocárdio) OU (ecocardiografia nova). Apenas estudos previamente revisados por pares foram considerados para inclusão em nossa revisão. Revisões, relatos de caso, editoriais, comentários e cartas foram excluídos. A Figura 1 mostra o fluxograma dos estudos.

Cada resumo foi examinado separadamente pelos autores. Caso pelo menos um dos autores considerasse a pesquisa adequada, o texto completo era solicitado para revisão

Tabela 1 - Definição de componentes do trabalho miocárdico.³⁰

Variável	Significado
Índice de trabalho global (<i>Global work index</i> — GWI)	Trabalho total dentro da área da alça pressão-deformação do VE, do fechamento da valva mitral até a abertura da valva mitral
Trabalho construtivo global (<i>Global constructive work</i> — GCW)	Trabalho miocárdico realizado durante o encurtamento do VE na sístole e alongamento do VE durante a fase de relaxamento isovolumétrico
Trabalho desperdiçado global (<i>Global wasted work</i> — GWW)	Trabalho miocárdico realizado durante o alongamento do VE na sístole e o encurtamento do VE durante a fase de relaxamento isovolumétrico
Eficiência de trabalho global (<i>Global work efficiency</i> — GWE)	Calculada como a razão GCW/ (GCW + GWW)

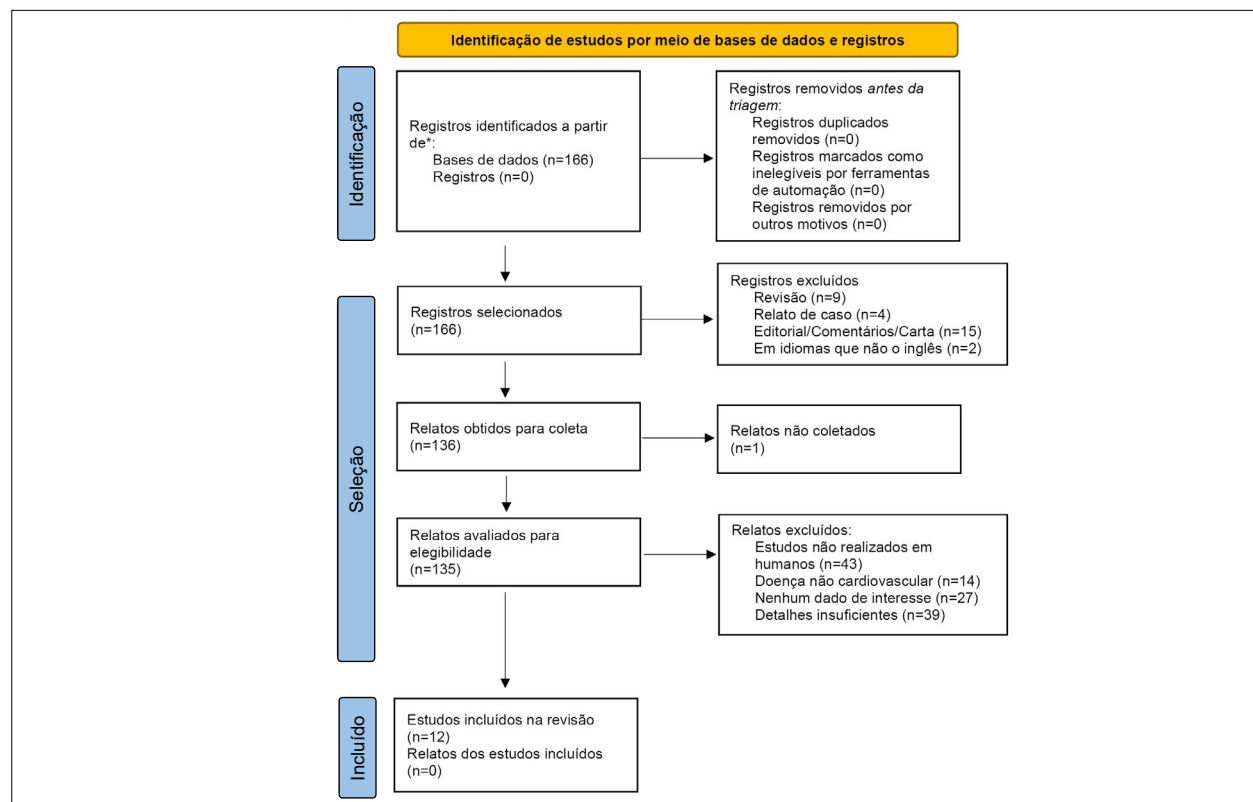


Figura 1 – Fluxograma do consórcio de estudos da revisão sistemática.

adicional. Em caso de desacordo, os autores discutiam as razões de seus julgamentos antes de chegar a uma resolução final por acordo. A extração de dados dos estudos foi feita usando o Microsoft Excel e verificada e confirmada por dois autores: SL e HK. Os dados extraídos de cada estudo incluíram as seguintes informações: nome dos autores, desfecho avaliado, participantes e resultado principal.

Resultado

166 estudos foram obtidos a partir do PubMed inserindo as palavras-chave e filtrando o estudo publicado nos últimos dez

anos. Após investigar os 166 estudos por meio da triagem de títulos e resumos, 136 estudos foram incluídos em preparação para a triagem dos textos na íntegra. 1 estudo foi excluído porque um artigo não foi encontrado na íntegra. Posteriormente, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, doze estudos foram incluídos nesta revisão sistemática.

As aplicações clínicas de TM em doenças cardiovasculares avaliadas pelos 12 estudos diferiram; 4 avaliaram IC, 2 avaliaram DAC, 5 avaliaram CMP e 1 avaliou HTN. A Tabela 2 mostra as informações de linha de base dos estudos. A Tabela 2 apresenta as informações basais do TM em aplicações clínicas.

Tabela 2 - Informações basais do trabalho miocárdico na aplicação clínica.

Número	Estudo	Desfecho avaliado	Participantes	Intervenção	Principal resultado
1	Vecera J, et al ¹¹	IC	42 pacientes com IC (idade 72±12 anos, 74% homens) programados para implantação de TRC	Estado clínico e dados ecocardiográficos foram averiguados antes e em uma mediana de 8 meses (intervalo interquartil 6–13) após o implante do dispositivo	- O índice GWW diminuiu de 39±21 para 17±7% com TRC (P, 0,01) - O índice WW septal, juntamente com o IEMS, foi forte preditor de resposta à TRC.
2	Galli E, et al ⁸	IC	97 pacientes com IC (fração de ejeção: 27±6%, duração do QRS 164±18 ms) programado para implante de TRC	Realizou-se ecocardiografia por speckle tracking antes da TRC e no seguimento de 6 meses. Análise PSL: cálculo de CW e WW	> Redução de 15% no volume sistólico final do VE em FU - O índice GCW apresentou-se significativamente aumentado em respondedores à TRC
3	Wang CL, et al ¹²	IC	508 pacientes (idade 62,9±15,8 anos, 29,1% do sexo feminino) com FEVE ≤40%	O valor adicional do índice GMW para a conexão com as variáveis compostas (morte por todas as causas e internação por IC), clínicas e ecocardiográficas	- FE e SLG não foram variáveis independentes quando o índice GMW foi incluído no modelo. - GMW menor que 750 mmHg% teve risco consideravelmente maior de mortalidade por todas as causas e hospitalização por IC (RR 3,33, IC 95% 2,31–4,80) do que pacientes com GMW superior a 750 mmHg por cento.
4	Przewlocka-Kosmala M, et al ³¹	IC	114 pacientes (57 randomizados para espironolactona e 57 para placebo)	Na fase basal e no seguimento de 6 meses, ecocardiogramas em repouso e imediatamente após o exercício para avaliar os índices SLG e TM	- No seguimento, a intolerância ao exercício no grupo espironolactona foi seguida por uma melhora considerável no aumento do GCW aos esforços (P=0,002), mas não no SLG. - O aumento da capacidade de exercício se mostrou independentemente ligado à mudança no aumento do GCW aos esforços desde a fase basal até o seguimento (b=0,24; P=0,009), mas não com SLG (P=0,14) em 6 meses. - Não houve interação significativa entre o uso de espironolactona e VO2 máximo (P=0,97).
5	Edwards NFA, et al ¹⁵	DAC	115 pacientes encaminhados para cineangiocoronariografia com FE≥55%, sem alterações de motilidade segmentar regional em repouso e sem dor torácica	Três horas antes do cateterismo cardíaco, realizou-se ETT nos pacientes.	- Pacientes com DAC significativa demonstraram TM global significativamente reduzido (P<0,001) em comparação com aqueles sem DAC. - O TM superou o SLG (área sob a curva = 0,693) como o preditor mais eficaz de DAC severa (área sob a curva = 0,786). - O valor de corte do TM global ótimo para prever DAC substancial foi de 1.810 mmHg% (92% de sensibilidade; 51% de especificidade).
6	Lustosa RP, et al ¹⁶	DAC	600 pacientes com IAMSST divididos de acordo com a presença de remodelação do VE	Os índices de trabalho miocárdico não invasivo foram medidos 3 meses após IAMSST.	- Porcentagens inferiores de GWI, GCW e GWE, bem como porcentagem superior de GWW, foram encontradas em pacientes com remodelação do VE em comparação com pacientes sem remodelação do VE: - GWI (1.708±522 mm Hg% vs. 1.979±450 mm Hg%; P<0,001) - GCW (1.941±598 mm Hg% vs. 2.272±519 mm Hg%; P<0,001) - GWE (92% [intervalo 88%–96%] vs. 95% [intervalo 93%–96%]; P<0,001) - GWW (116 mm Hg% [intervalo 73–184 mm Hg%] vs. 91 mm Hg% [intervalo 61–132 mm Hg%]; P<0,001).

Revisão Sistemática

7	Galli E, et al ¹⁹	CMP	82 pacientes com CMH não obstrutiva e 20 indivíduos saudáveis pareados por idade (58±7 anos, P=0,99) foram submetidos a EST.	Todos os pacientes com CMH foram submetidos a exame clínico, padrão e EST, Holter de 48 horas e TCPE	- O índice GCW (1599±423 vs. 2248±249 mm Hg%, P<0,0001) se mostrou significativamente reduzido em pacientes com CMH em comparação com o grupo controle. - Não se observou nenhuma diferença no índice GWW (141±125 vs. 101±88 mm Hg%, P=0,18) e na fração de ejeção do VE (FEVE) (63±13 vs. 66±4%; P=0,17) - Na CMH, o índice GCW foi o único preditor de fibrose do VE na análise multivariada (OR 1,01, IC 95%: 0,99–1,08, P=0,04). - Um valor de corte de 1623 mm Hg% foi capaz de prever fibrose miocárdica com boa sensibilidade e razoável especificidade (82% e 67%, respectivamente).
8	Hiemstra YL, et al. ²⁰	CMP	110 pacientes com CMH não obstrutiva e 35 controles saudáveis pareados por idade e sexo	Os dados clínicos foram coletados do sistema de informação do departamento de cardiologia e foi utilizado o primeiro ecocardiograma disponível	- GCW (1.722±602 vs. 2.274±574 mm Hg%, P<0,001) - GWE (93%[89%–95%] vs. 96% [96%–97%], P<0,001 - GWI (1.534±551 vs. 1.929±473 mm Hg%) significativamente reduzido - GWW (104 mm Hg% [66–137 mm Hg%] vs. 71 mm Hg% [49–92 mm Hg%], P<0,001) elevado em pacientes com CMH em comparação com indivíduos controle. - Pacientes com GCW>1.730 mm Hg% tiveram melhor sobrevida livre de eventos do que aqueles com CW global <1.730 mm Hg% (P<0,001)
9	Chan J, et al ²¹	CMP	74 pacientes foram submetidos à ETT e análise de strain antes da angiocoronariografia, divididos em grupos controle, HTN e CMP.	A ETT foi realizada imediatamente antes da angiocoronariografia	- Aumento nos índices GCW e GWW. GLS, GWI e GWE mostraram-se significativamente reduzidos na CMP (P<0,05) - O índice GCW se mostrou elevada na HTN Grau 1, mas não atingiu níveis significativos (P=0,87; 2361±377 mmHg%) e significativamente elevado na HTN Grau 2/3 (P=0,0001; 3057±403 mmHg%) quando comparado com controles (2184±192 mmHg%) - O índice GWW se mostrou elevado em ambos os subgrupos HTN, mas não se apresentou estatisticamente significativo
10	Cui C, et al ²²	CMP	30 com CMD e 30 pacientes saudáveis como grupo controle.	Após 6 meses de tratamento clínico, foram examinados ecocardiograma convencional e TM, e as medidas no teste de caminhada de 6 minutos foram comparadas antes e após a terapia.	- As diferenças de GMW entre os grupos controle e caso foram significativas (p 0,05). - O GWI e o teste de caminhada de 6 minutos aumentaram após o tratamento, enquanto a fração de ejeção do VE e SLG não se alteraram significativamente. - O GWI pode ser utilizado como um marcador para avaliar a eficácia da terapia.
11	Clemmensen TS, et al ²⁴	CMP	100 pacientes Paciente AC	Os pacientes foram acompanhados prospectivamente desde o momento da ecocardiografia até o óbito ou censo em 31 de março de 2019. Foram registrados eventos cardiovasculares maiores (ECAM) e óbito durante o seguimento	- Os pacientes com AC apresentaram GWI e GWE significativamente menores do que os controles (P<0,0001 para todos) - GWI <1.043 mmHg% apresentaram risco de ECAM maior do que pacientes com índice trabalho miocárdico no ventrículo esquerdo (<i>left ventricular myocardial work index — LVMMWI</i>) >1.043 mmHg% [razão de risco (RR) 2,3, intervalo de confiança (IC) de 95% 1,2–4,3; P=0,01]. - GWI <1039 mmHg% maior risco de mortalidade por todas as causas do que pacientes com GWI VE >1039 mmHg% (RR 2,6, IC 95% 1,2–5,5; P<0,05).
12	Tadic M, et al ²⁶	HTN	165 indivíduos (55 controles, 60 pacientes com hipertensão sem DM e 50 pacientes hipertensos com DM)	O estudo transversal foi submetido a um exame ecocardiográfico bidimensional completo incluindo EST bidimensional	- O índice GWI aumentou gradualmente dos controles, passando por pacientes hipertensos até os indivíduos com hipertensão e DM (1887±289 vs. 2073±311 vs. 2144±345 mm Hg%, P=0,001). - A diabetes demonstrou um efeito negativo adicional no trabalho miocárdico em pacientes hipertensos.

*IC = insuficiência cardíaca; DAC = doença arterial coronariana; CMP = cardiomiopatia; HTN = hipertensão; IEMS = índice de escore de motilidade segmentar; VE = ventrículo esquerdo; SLG = strain longitudinal global; FE = fração de ejeção; IAMSSST = infarto agudo do miocárdio com supradesnívelamento do segmento ST; CMH = cardiomiopatia hipertrófica; TCPE = teste cardiopulmonar de exercício; ETT = ecocardiografia transtorácica; CMD = cardiomiopatia dilatada; ECAM = evento cardíaco adverso maior; AC = amiloidose cardíaca.

Discussão

Aplicação clínica do trabalho miocárdico

Insuficiência cardíaca

A predição de vantagens e desfechos terapêuticos em pacientes com IC submetidos à terapia de ressincronização cardíaca (TRC) foi a primeira e mais promissora utilização do TM segmentar. A TRC está sendo utilizada para tratar pacientes sintomáticos com IC com FEVE de 35% e complexo QRS largo.¹⁰ O TM parece ser capaz de identificar pessoas que podem se beneficiar da ressincronização cardíaca. De acordo com um estudo recente, os GWW avaliados no septo são maiores nos respondedores à TRC do que nos não respondedores, mas esses índices caem significativamente após o implante da TRC, retornando aos valores cardíacos normais.¹¹ Em um estudo com 97 pacientes, Galli et al. descobriram que o GCW é o único preditor de resposta da TRC aos 6 meses de seguimento e está intimamente associado à ideia de remodelação miocárdica em pessoas isquêmicas e não isquêmicas.⁸

Um estudo recente verificou que o TM estava associado a hospitalizações por IC e morte por todas as causas. Pacientes com GMW inferior a 750 mmHg por cento tiveram um risco significativamente maior de mortalidade por todas as causas e hospitalização por IC do que pacientes com GMW superior a 750 mmHg%. Esses resultados aumentam o uso do TM em pacientes com FE em 40% e fornecem uma alternativa segura para FE e SLG para avaliar a sobrevida do paciente e as taxas de hospitalização futuras.¹²

Doença arterial coronariana

Quando não há alterações de motilidade segmentar (AMS) nas artérias coronárias, a avaliação de indivíduos com doença arterial coronariana é difícil. Já se demonstrou que o SLG é bom preditor de cardiopatia isquêmica estável na ausência de AMS.¹³ No entanto, não há acordo sobre o valor de corte diagnóstico adequado para o SLG, que difere amplamente entre as investigações devido às características clínicas, dependência pós-carga e variações do interventor. Além disso, as características contráteis do miocárdio isquêmico são consideravelmente controladas pelas condições de carga, com rápidas transições de hipocinesia para discinesia após aumento abrupto na pós-carga, que atua como restrição primária.¹⁴ Os índices de TM mostraram que ele pode superar essa restrição e fornecer informações diagnósticas e prognósticas em cenários crônicos e agudos. Edwards et al. observaram que em pacientes com suspeita de DAC, mas com função sistólica normal, os índices GWI, GCW e GWE diminuíam drasticamente na presença de doença obstrutiva, embora o GWW aumente modestamente.¹⁵

Em um seguimento de 3 meses, os pacientes com IAMSST que apresentaram remodelação isquêmica do VE tiveram valores de GWI, GCW e GWE significativamente menores, mas valores de GWW significativamente maiores.¹⁶ Esses resultados implicam que a deficiência de TM se manifesta no metabolismo energético alterado (permanentemente anaeróbico) no miocárdio reconstruído.¹⁷ O índice MW

regional também se mostrou superior a todos os outros marcadores ecocardiográficos (SLG e FEVE) na detecção de bloqueio agudo da artéria coronária na síndrome coronariana aguda sem supradesnivelamento do segmento ST.¹⁸

Cardiomiopatia

O GCW se apresentou como o único preditor de fibrose do VE quando o realce tardio com gadolínio foi usado, e valores de GCW <1730 mmHg% estiveram relacionados a um pior prognóstico a longo prazo.^{19,20} Além disso, Chan et al. descreveram diminuição significativa do GWI, GCW e GWE, com aumento do GWW, em um subgrupo de pacientes com cardiomiopatia dilatada (CMD).²¹ Esse achado resultou de uma significativa deterioração do desempenho contrátil dos cardiomiócitos em pacientes com CMD, sejam isquêmicos ou não isquêmicos. Além disso, outro benefício da medição de MW também pode ser utilizado como indicação na avaliação dos benefícios da terapia em pacientes com CMD.²² Outro uso terapêutico para os indicadores de MW pode ser na predição de eventos cardiovasculares significativos em pacientes com amiloidose cardíaca (AC).²³ Um estudo conduzido por Clemmensen et al. examinou o impacto do TM do VE na predição do prognóstico em indivíduos com AC. Os autores verificaram que indivíduos com GWI <1.043 mmHg% apresentavam risco aumentado de eventos cardíacos adversos graves, enquanto aqueles com GWI <1.039 mmHg% apresentavam risco aumentado de morte por todas as causas.²⁴

Hipertensão

Em indivíduos com hipertensão, o VE bombeia contra a pressão arterial mais elevada, reduzindo o volume sistólico do VE e aumentando a energia necessária para a função de bomba do VE, elevando assim o índice global de trabalho miocárdico.²⁵ Chan et al. verificaram que pacientes com PAS superior a 160 mmHg apresentavam os índices GWI e GCW consideravelmente elevados. Houve aumento constante do índice GWW em pacientes com PAS entre 140 e 159 mmHg, atingindo um pico de 160 mmHg naqueles com PAS >160 mmHg.²¹

Além disso, Tadic et al. verificaram que os índices de TM de pacientes hipertensos pioravam em comparação com controles normotensos, mas esses valores eram consideravelmente piores em pacientes hipertensos com DM concomitante. Apenas o índice GCW se mostrou significativamente mais elevado em indivíduos com hipertensão e diabetes mellitus concomitantes do que aqueles com hipertensão apenas.²⁶ Adicionalmente, a primeira investigação de Sahiti et al. que correlacionou o TM com fatores de risco CV e gênero concluiu que a relação entre hipertensão e obesidade e GWI era maior em mulheres.²⁷

Limitações e recomendações

Embora a análise de TM possa ser realizada em uma grande proporção de pacientes, existem várias limitações a serem consideradas. Tendo em vista que o TM se baseia na estimativa da pressão não invasiva do VE a partir da pressão arterial sistêmica (PAS) medida com esfigmomanômetro, não é fortemente recomendado para avaliação em situações patológicas como estenose aórtica (EA), em que a PA sistólica

Revisão Sistemática

não reflete o pico de pressão sistólica do VE pressão devido à obstrução fixa causada por uma valva estenótica. Jain et al. recomendaram recentemente que o total do gradiente médio transaórtico e da PA sistólica sejam usados para estimar a pressão sistólica de pico do VE em um grupo de pacientes com EA severa submetidos a substituição valvar aórtica transcaterter (TAVR). Quando os indicadores de TM foram comparados antes e depois da substituição valvar, observou-se uma diminuição considerável nos índices GWI e GCW, contribuindo para o rápido alívio do aumento da demanda de oxigênio associada ao aumento da pós-carga.²⁸ Esses achados sugerem que a abordagem sugerida de correção do TM pela adição de um gradiente médio transaórtico à PA sistólica é possível e confiável. No entanto, é necessária a validação em pacientes com maior EA submetidos a TAVR antes de sua utilização de forma mais consistente.

Por fim, o TM é dependente da plataforma do fornecedor e necessita de um software especializado que, atualmente, é suportado exclusivamente pela General Electric (GE), não podendo ser testado utilizando outro software. Esse fato restringe o número de pacientes que podem ser analisados com essa estratégia e limita a comparação dos achados de um mesmo paciente com itens de múltiplos fornecedores.^{9,29}

Conclusão

O TM é uma abordagem razoável, viável e confiável para a avaliação não invasiva da função do VE, permitindo o uso generalizado da medição do TM no diagnóstico e na avaliação do tratamento de diversas doenças

Referências

1. Marwick TH. Ejection Fraction Pros and Cons: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*. 2018;72(19):2360-2379. doi: 10.1016/j.jacc.2018.08.2162.
2. Konstam MA, Abboud FM. Ejection Fraction: Misunderstood and Overrated (Changing the Paradigm in Categorizing Heart Failure). *Circulation*. 2017;135(8):717-719. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.025795.
3. Zito C, Longobardo L, Citro R, Galderisi M, Oreto L, Carerj ML, et al. Ten Years of 2D Longitudinal Strain for Early Myocardial Dysfunction Detection: A Clinical Overview. *Biomed Res Int*. 2018;2018:8979407. doi: 10.1155/2018/8979407.
4. Reant P, Metras A, Dettaille D, Reynaud A, Diolez P, Jaspard-Vinassa B, et al. Impact of Afterload Increase on Left Ventricular Myocardial Deformation Indices. *J Am Soc Echocardiogr*. 2016;29(12):1217-1228. doi: 10.1016/j.echo.2016.09.006.
5. 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.
6. Hubert A, Le Rolle V, Leclercq C, Galli E, Samset E, Casset C, et al. Estimation of myocardial work from pressure-strain loops analysis: an experimental evaluation. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2018;19(12):1372-1379. doi: 10.1093/ehjci/jeu024.
7. Qin Y, Wu X, Wang J, Li Y, Ding X, Guo D, et al. Value of territorial work efficiency estimation in non-ST-segment-elevation acute coronary syndrome: a study with non-invasive left ventricular pressure-strain loops. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2021 Apr;37(4):1255-1265. doi: 10.1007/s10554-020-02110-1.

cardiovasculares. O TM melhora as avaliações de FEVE e SLG, minimizando a dependência de carga desses fatores. Embora as informações atualmente disponíveis sobre o TM sejam insuficientes para orientar maiores intervenções, espera-se um método integrado que ofereça valor adicional às medidas ecocardiográficas convencionais. Os médicos também precisam confiar nos sintomas e nos dados ecocardiográficos até que uma pesquisa multicêntrica bem projetada que valide essa estratégia em grandes populações seja realizada para estabelecer seu valor agregado e incluir índices de TM na avaliação ecocardiográfica de rotina.

Agradecimentos

Os autores agradecem a todos que apoiam esta revisão sistemática.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa Laksono S, Kusharsamita H; coleta de dados Yanni M, Astuti A; análise e interpretação dos dados Laksono S, Kusharsamita H; análise estatística Yanni M, Astuti A; obtenção de financiamento Yanni M, Astuti A; redação do manuscrito Laksono S, Kusharsamita H revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante Laksono S.

Conflito de interesses

Os autores declaram não terem conflitos de interesse.

8. Galli E, Leclercq C, Hubert A, Bernard A, Smiseth OA, et al. Role of myocardial constructive work in the identification of responders to CRT. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2018;19(9):1010-1018. doi: 10.1093/ehjci/ehx191.
9. Samset E. Evaluation of segmental myocardial work in the left ventricle. 2017. [Access on Sept 09, 2022]. Available from: <https://www.gehealthcare.com/-/media/8cab29682ace4ed7841505f813001e33.pdf>
10. Brignole M, Auricchio A, Baron-Esquivias G, Bordachar P, Boriani G, Breithardt OA, et al. ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: the Task Force on cardiac pacing and resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC). Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association (EHRA). *Eur Heart J*. 2013;34(29):2281-329. doi: 10.1093/eurheartj/ehs150.
11. 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/jev019.
12. Wang CL, Chan YH, Wu VC, Lee HF, Hsiao FC, Chu PH. Incremental prognostic value of global myocardial work over ejection fraction and global longitudinal strain in patients with heart failure and reduced ejection fraction. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2021;22(3):348-356. doi: 10.1093/ehjci/jeaa162.
13. Choi JO, Cho SW, Song YB, Cho SJ, Song BC, Lee SC, et al. Longitudinal 2D strain at rest predicts the presence of left main and three vessel coronary artery disease in patients without regional wall motion abnormality. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10(5):695-701. doi: 10.1093/ejehocardi/jep041.
14. Skulstad H, Edvardsen T, Urheim S, Rabben SI, Stugaard M, Lyseggen E,

- Ihlen H, Smiseth OA. Postsystolic shortening in ischemic myocardium: active contraction or passive recoil? *Circulation*. 2002;106(6):718-24. doi: 10.1161/01.cir.0000024102.55150.b6.
15. 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):947-957. doi: 10.1016/j.echo.2019.02.014.
16. Lustosa RP, van der Bijl P, El Mahdiui M, Montero-Cabezas JM, Kostyukevich MV, Ajmone Marsan N, et al. Noninvasive Myocardial Work Indices 3 Months after ST-Segment Elevation Myocardial Infarction: Prevalence and Characteristics of Patients with Postinfarction Cardiac Remodeling. *J Am Soc Echocardiogr*. 2020;33(10):1172-1179. doi: 10.1016/j.echo.2020.05.001.
17. Azevedo PS, Minicucci MF, Santos PP, Paiva SA, Zornoff LA. Energy metabolism in cardiac remodeling and heart failure. *Cardiol Rev*. 2013;21(3):135-40. doi: 10.1097/CRD.0b013e318274956d.
18. Boe E, Russell K, Eek C, Eriksen M, Remme EW, Smiseth OA, et al. Non-invasive myocardial work index identifies acute coronary occlusion in patients with non-ST-segment elevation-acute coronary syndrome. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015;16(11):1247-55. doi: 10.1093/ehjci/jev078.
19. Galli E, Vitell E, Schnell F, Le Rolle V, Hubert A, Lederlin M, et al. Myocardial constructive work is impaired in hypertrophic cardiomyopathy and predicts left ventricular fibrosis. *Echocardiography*. 2019;36(1):74-82. doi: 10.1111/echo.14210.
20. Hiemstra YL, van der Bijl P, El Mahdiui M, Bax JJ, Delgado V, Marsan NA. Myocardial Work in Nonobstructive Hypertrophic Cardiomyopathy: Implications for Outcome. *J Am Soc Echocardiogr*. 2020;33(10):1201-1208. doi: 10.1016/j.echo.2020.05.010.
21. Chan J, Edwards NFA, Khandheria BK, Shiino K, Sabapathy S, Anderson B, et al. A new approach to assess myocardial work by non-invasive left ventricular pressure-strain relations in hypertension and dilated cardiomyopathy. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2019;20(1):31-39. doi: 10.1093/ehjci/jev131.
22. Cui C, Liu L, Li Y, Liu Y, Huang D, Hu Y, et al. Left Ventricular Pressure-Strain Loop-Based Quantitative Examination of the Global and Regional Myocardial Work of Patients with Dilated Cardiomyopathy. *Ultrasound Med Biol*. 2020;46(10):2834-2845. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.06.008.
23. Roger-Rollé A, Cariou E, Rguez K, Fournier P, Lavie-Badie Y, Blanchard V, et al; Toulouse Amyloidosis Research Network collaborators. Can myocardial work indices contribute to the exploration of patients with cardiac amyloidosis? *Open Heart*. 2020;7(2):e001346. doi: 10.1136/openhrt-2020-001346.
24. Clemmensen TS, Eiskjær H, Ladefoged B, Mikkelsen F, Sørensen J, Granstam SO, et al. Prognostic implications of left ventricular myocardial work indices in cardiac amyloidosis. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2021;22(6):695-704. doi: 10.1093/ehjci/jeaa097.
25. Kuznetsova T, Nijs E, Cauwenberghs N, Knez J, Thijs L, Haddad F, et al. Temporal changes in left ventricular longitudinal strain in general population: Clinical correlates and impact on cardiac remodeling. *Echocardiography*. 2019;36(3):458-468. doi: 10.1111/echo.14246.
26. Tadic M, Cuspidi C, Pencic B, Grassi G, Celic V. Myocardial work in hypertensive patients with and without diabetes: An echocardiographic study. *J Clin Hypertens (Greenwich)*. 2020;22(11):2121-2127. doi: 10.1111/jch.14053.
27. Sahiti F, Morbach C, Cejka V, Tiffe T, Wagner M, Eichner FA, et al. Impact of cardiovascular risk factors on myocardial work-insights from the STAAB cohort study. *J Hum Hypertens*. 2022;36(3):235-245. doi: 10.1038/s41371-021-00509-4.
28. Jain R, Bajwa T, Roemer S, Huishere H, Allaqaband SQ, Kroboth S, et al. Myocardial work assessment in severe aortic stenosis undergoing transcatheter aortic valve replacement. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2021;22(6):715-721. doi: 10.1093/ehjci/jeaa257.
29. Papadopoulos K, Özden Tok Ö, Mitrousi K, Ikonomidis I. Myocardial Work: Methodology and Clinical Applications. *Diagnostics (Basel)*. 2021;11(3):573. doi: 10.3390/diagnostics11030573.
30. Galli E, John-Matthews B, Rousseau C, Schnell F, Leclercq C, Donal E. Echocardiographic reference ranges for myocardial work in healthy subjects: A preliminary study. *Echocardiography*. 2019;36(10):1814-1824. doi: 10.1111/echo.14494.
31. Przewlocka-Kosmala M, Marwick TH, Mysiak A, Kosowski W, Kosmala W. Usefulness of myocardial work measurement in the assessment of left ventricular systolic reserve response to spironolactone in heart failure with preserved ejection fraction. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2019;20(10):1138-1146. doi: 10.1093/ehjci/jez027.