07

Capítulo 07

10.71248/9786583818348-7

Ecocardiografia e Métodos de Imagem na Estratificação da Função Cardíaca

Mauro de Deus Passos [1]
Wander Costa Matos [2]

Cardiologia e Medicina de Emergência. Mestre em Ciências Médicas (PPG-UnB). Unidade de Medicina Interna / Hospital Regional de Sobradinho(Brasília-DF) [1]
Médico pela Universidad Cristiana de Bolívia - 2017, Santa Cruz de la Sierra - Bolívia[2]
Residente em Clínica Médica - Unievangélica, Anápolis - GO [3]

Ecocardiografia e Métodos de Imagem na Estratificação da Função Cardíaca

1. Introdução: Paradigmas Emergentes na Avaliação Cardíaca

A avaliação não-invasiva da função cardíaca representa um pilar fundamental da prática cardiológica contemporânea, sendo essencial para diagnóstico, estratificação de risco e monitoramento de resposta terapêutica. Historicamente, a fração de ejeção ventricular esquerda (FEVE) foi considerada o padrão ouro para definir a gravidade da disfunção ventricular e orientar decisões clínicas (Freire; Da Silva, 2026) . Entretanto, evidências recentes demonstram que a FEVE isolada apresenta limitações específicas na caracterização da complexidade fisiopatológica das doenças cardíacas, particularmente em cenários de insuficiência cardíaca com fração de ejeção preservada (HFpEF) e disfunção diastólica.

Esta aparência é exemplificada na insuficiência cardíaca com fração de ejeção preservada, que representa aproximadamente 50% dos casos de insuficiência cardíaca em situações envelhecidas (Freire; Da Silva, 2026) . A utilização integrada de várias técnicas de imagem - incluindo ecocardiografia convencional, análise de tensão, ressonância magnética cardiovascular (RMC) e índices de obstrução funcional - tem revolucionado nossa capacidade de detectar disfunção miocárdica precoce e subclínica (Kouwenberg et al., 2026) . Além disso, esses métodos permitem identificar padrões fisiopatológicos diferentes que podem não ser evidentes pela avaliação convencional, tornando possível uma estratificação de risco mais precisa e personalizada.

2. Ecocardiografia Transtorácica: Parâmetros Convencionais Revisitados e Novas Perspectivas

2.1 Fração de Ejeção: Limitações e Contexto Clínico

A FEVE, embora amplamente utilizada, não captura complexos determinantes da vulnerabilidade perioperatória e prognóstica. Em pacientes com estenose aórtica grave, FEVE moderadamente reduzido (55-60%) combinada com dilatação ventricular esquerda (DDVE >65 mm) constitui uma população de alto risco para readmissão não planejada após intervenção

terapêutica, com risco significativamente aumentado quando ambos os fatores estão presentes (Li et al., 2026) .

2.2 Disfunção Diastólica: Epidemiologia e Relevância Clínica

A disfunção diastólica surge como uma característica cardíaca nas doenças cardiovasculares modernas, particularmente em populações com fatores cardiometabólicos. Em estudos comunitários abrangentes envolvendo mais de 3.800 indivíduos, a prevalência de disfunção diastólica foi igualmente comum em pré-diabetes (30%) e diabetes (33%) em relação à normoglicemia (21%), associando-se principalmente com obesidade central, hipertensão e aterosclerose coronária (Kylhammar et al., 2026) . Esta associação com múltiplos fatores de risco cardiometabólicos sublinha a necessidade de estratificação precoce através de avaliação ecocardiográfica sistemática.

A disfunção diastólica também foi demonstrada significativamente com severidade de doença hepática, com aumento progressivo da prevalência conforme piora da classificação de Child-Turcotte-Pugh em pacientes com cirrose (Behera et al., 2026) . Este achado sugere que a avaliação da função diastólica pode ter valor prognóstico além dos contextos cardiovasculares tradicionais, tendo implicações para multimorbidade e mortalidade.

3. Técnicas Avançadas de Deformação Miocárdica: Strain e Análise de Movimento

3.1 Strain Longitudinal Global (GLS) como Marcador de Disfunção Subclínica

A análise de strain por rastreamento de speckles (speckle-tracking echocardiography - STE) revolucionou a capacidade de detectar disfunção miocárdica precoce e subclínica. A cepa longitudinal global (GLS) representa uma medida quantitativa, objetiva e reproduzível da deformação miocárdica sistólica (Șuteu et al., 2026) . Este parâmetro foi mostrado superior à FEVE para identificação de disfunção ventricular em múltiplas situações clínicas.

Em crianças com cardiomiopatia dilatada idiopática, LVGLS, Zlog NT-proBNP (N-terminal pró peptídeo natriurético tipo B) e cepa atrial esquerda demonstraram excelente

capacidade discriminatória para eventos em 12 meses (AUC 0,91, 0,91 e 0,87, respectivamente), com pontos de corte clinicamente válidos (Muntean et al., 2026) .

3.2 Cepa no Contexto de Doença Específica: Aplicações Clínicas

A imagem de cepa demonstrou valor prognóstico particularmente robusto em doenças miocárdicas específicas. Strain longitudinal ventricular direito global foi associado com severidade clínica em pacientes hospitalizados com pneumonia adquirida na comunidade, com RVGLS reduzido preizendo hospitalização prolongada e requisitos estendidos de terapia de oxigênio (Bakir; Gucsav; Baskurt, 2026) .

Na síndrome de esclerodermia sistêmica (ES), o strain ventricular direito (VD-GLS e RV-FWS - free wall longitudinal strain) detectou consistentemente comprometimento miocárdico mesmo quando a ecocardiografia convencional permanência normal, e a proteção RV-PA demonstrou melhora significativa na estratificação prognóstica quando adicionados a modelos de risco específicos (Cealera et al., 2026) .

3.3 Análise de Torsão e Movimentos Rotacionais

Parâmetros rotacionais miocárdicos emergem como indicadores de disfunção no contexto de hipertrofia ventricular esquerda. Em pacientes com HVE, um gradiente rotacional limitado foi associado à probabilidade de desenvolvimento de FEVE <50% em pacientes com GLS comprometido (Geraldo et al., 2026) . Após reabilitação cardíaca em pacientes com doença cardíaca isquêmica, melhoria em GLS foi acompanhada de melhoria em RVFWS superior em comparação com grupo sem reabilitação (Wessly et al., 2026) .

4. Ressonância Magnética Cardiovascular: Caracterização Tecidual e Análise Volumétrica de Referência

4.1 Técnicas de Mapeamento Paramétrico e Caracterização Miocárdica

A RMC surgiu como modalidade de referência para quantificação precisa de volumes ventriculares, FEVE e caracterização tecidual através de realce tardio com gadolínio (LGE) e

mapeamento paramétrico (T1, T2, volume extracelular - ECV) (Ishii et al., 2026) . Estas técnicas permitem detecção sensível e quantificação de fibrose miocárdica difusa e edema.

4.2 Mapeamento Paramétrico em Patologias Específicas

O mapeamento T1 nativo demonstrou utilidade particular em várias cardiomiopatias. Na amiloidose cardíaca de cadeia leve (AL-CA), os parâmetros RV resultantes foram poderosos preditores independentes de mortalidade (Santa Cruz-Venegas et al., 2026) .

4.3 Concordância entre RMC e Ecocardiografia na Avaliação de Strain

A concordância entre strain longitudinal medido por ecocardiografia 2D (2D-STE) e feature-tracking RMC (FT-CMR) foi avaliada em doença cardíaca específica, com consolidação forte para GLS em regiões médias e apicais (Sharifkazemi et al., 2025) .

5. Acoplamento Atrioventricular e Dinâmica Multissalar

5.1 Índice de Acoplamento Esquerdo Atrioventricular (LACI)

O paradigma de avaliação cardíaca vem evoluindo além de especificações de câmaras básicas para quantificação da interação dinâmica entre átrio e ventrículo esquerdos através do LACI (Tsiamis et al., 2026) . Estudos demonstram valor prognóstico robusto e independente de LACI em múltiplas condições cardiovasculares, como insuficiências cardíacas, infarto do miocárdio, cardiomiopatias e fibrilação atrial. Em insuficiência cardíaca com fração de ejeção preservada secundária a estenose aórtica, LACI foi significativamente elevada e cepa atrial comprometida em comparação com grupos com FEVE preservada (Zhang; Mu, 2026) .

5.2 Disfunção Atrial como Preditor de Desfechos

A estreita atrial esquerda (LA Rigidez Index - LASI) emergiu como marcador prognóstico potente. Em doença cardíaca isquêmica com fibrilação atrial associada, tensão atrial reduzida demonstrada alta capacidade discriminatória para detecção de histórico de

fibrilação atrial em diferentes ambientes (Marchini et al., 2026) , apontando seu valor como marcador de remodelação atrial em contexto de estresse hemodinâmico.

6. Aplicações Clínicas em Cenários de Doença Específica

6.1 Insuficiência Cardíaca com Fração de Ejeção Preservada (ICFEp)

A ICFEP representa desafio de diagnóstico e prognóstico único, sendo caracterizada principalmente por disfunção diastólica e lesão ventricular elevada. Sistemas de suporte computacional baseados em regras demonstraram excelente concordância diagnóstica (ICC > 0.94) e discriminação (AUC = 0.92) para avaliação de função diastólica (Rozikhodjaeva et al., 2026) .

6.2 Doença Cardíaca Isquêmica e Cardiomiopatia Pós-Infarto

A RMC cardiovascular solidificou-se como modalidade de referência para avaliação abrangente pós-infarto agudo do miocárdio, possibilitando quantificação precisa de tamanho de infarto, área em risco e remodelação intersticial (Castiglione et al., 2026) . Técnicas avançadas de mapeamento expandiram a capacidade de CMR capturar lesão inflamatória dinâmica além de necrose irreversível.

6.3 Cardiopatia Congênita do Adulto (ACHD)

Em doença cardíaca congênita reparada, técnicas avançadas de deformação persistem como ferramentas essenciais para detecção de disfunção subclínica. Strain atrial esquerdo declarado valor prognóstico independente em adultos com doença cardíaca congênita reparada, particularmente predizendo arritmias taquicardia sintomática (Ünlütürk et al., 2026) .

A função atrial esquerda também revelou disfunção subclínica em crianças após reparo bem sucedido de coarctação de aorta, com LASr significativamente reduzido em comparação com valores de referência pediátricos, mesmo na ausência de obstrução residual ou comprometimento sistólico (Pham et al., 2026) .

6.4 Displasia Miocárdica e Hipertrofia Esquerda Ventricular

Análise de rotação miocárdica complementar índices longitudinais no contexto de LVH. Em pacientes com HVE, um gradiente rotacional reduzido predisse FEVE <50% e padrão de rotação giratória foi associado com valores de FEVE mais baixos (Geraldo et al., 2026) .

6.5 Toxicidade Cardioterapêutica e Oncologia Cardíaca

As disfunções cardíacas relacionadas à terapia do câncer (CTRCD), FEVE e GLS emergem como parâmetros essenciais para diagnóstico e monitoramento. Análise multissalar realçou a importância da avaliação atrial, com volume atrial esquerdo e tensão atrial demonstrando valor prognóstico (Kouwenberg et al., 2026) . As previsões de ecocardiografia avançada foram demonstradas em percentuais significativas das medidas em coorte prospectiva.

7. Integração de Métodos de Imagem e Perspectivas Futuras

7.1 Concordância Intermodal e Protocolos Multimodais

A integração de múltiplas modalidades de imagem permite avaliação abrangente e delineamento preciso da fisiopatologia cardíaca. Em ecocardiografia 3D versus RMC em cardiopatia congênita, o forte brilho foi demonstrado para volumes ventriculares, embora com subestimação sistemática de volumes absolutos em 3DE (Ishii et al., 2026) .

7.2 Características Morfológicas e Análise Computacional

Ecocardiografia de alta resolução com rastreamento de manchas 3D permite avaliação abrangente da função miocárdica. O RMC permite quantificação precisa de volumes ventriculares e severidade de regurgitação com características teciduais miocárdicas (Castiglione et al., 2026) .

8. Direções Futuras e Recomendações Clínicas

A evolução das técnicas de imagem cardíaca reflete transição de diagnóstico baseado em FEVE para abordagem multidimensional integrada que incorpora análise de deformação, sonda funcional multissalar, caracterização tecidual e parâmetros hemodinâmicos. Protocolos padronizados com valores de referência validados são essenciais para implementação clínica consistente dessas sessões avançadas.

Conclusão

A ecocardiografia e métodos de imagem complementares revolucionaram a estratificação da função cardíaca, permitindo detecção precoce de minha disfunção cardíaca, caracterização tecidual precisa e refinamento de previsão além das limitações de FEVE isolada (Freire; Da Silva, 2026) . Integração de strain longitudinal global, análise de cartilagem atrioventricular, mapeamento paramétrico de RMC e avaliação multissalar permitem estratificação de risco personalizada e orientação de decisões terapêuticas em múltiplos contextos clínicos (Tsiamis et al., 2026) . A implementação de protocolos multimodais padronizados constitui prioridade para otimização de cuidados cardíacos na prática clínica contemporânea.

REFERÊNCIAS

BAKIR, Eren Ozan; GUCSAV, Mutlu Onur; BASKURT, Ahmet Anil. Clinical associations of right ventricular strain in community-acquired pneumonia: a prospective cohort study. **Journal of Cardiovascular Imaging**, v. 34, n. 1, p. 13, 1 dez. 2026.

BEHERA, Bijaya K. *et al.* Study of Cardiovascular Dysfunction in Cirrhosis and Its Correlation With Severity at a Tertiary Care Hospital. **Cureus**, 25 maio 2026.

CASTIGLIONE, Alessandro *et al.* <scp>CMR</scp> -derived left ventricular pressure-volume loops enhance individualized assessment of disease severity and prognosis in pulmonary arterial hypertension in adults. **Physiological Reports**, v. 14, n. 11, 31 jun. 2026.

CEALERA, Elena *et al.* Right Ventricular Strain and RV–Pulmonary Artery Coupling in Systemic Sclerosis: A Systematic Review. **Journal of Clinical Medicine**, v. 15, n. 9, p. 3368, 28 abr. 2026.

FREIRE, Inês; DA SILVA, Manuel Vaz. Left Ventricular Ejection Fraction in Heart Failure—A Parameter to Be Discontinued? **Journal of Clinical Medicine**, v. 15, n. 10, p. 3646, 9 maio 2026.

GERALDO, Juan *et al.* Added Value of Rotational Mechanics to Longitudinal Indices in the Risk Stratification of Patients With Left Ventricular Hypertrophy. **Echocardiography**, v. 43, n. 4, 6 abr. 2026.

ISHII, Yoichiro *et al.* Utility of Three-Dimensional Echocardiography for Ventricular Assessment in Congenital Heart Disease: A Comparative Retrospective Study. **Echocardiography**, v. 43, n. 5, 12 maio 2026.

KOUWENBERG, Theodorus W. *et al.* Early Detection of Acute and Early-Onset Cancer Therapy-Related Cardiac Dysfunction in Children With Cancer Using a Multiparametric Approach: Methodological Aspects of the <scp>EARLY</scp> Study. **Cancer Medicine**, v. 15, n. 5, 3 maio 2026.

KYLHAMMAR, David *et al.* Diastolic dysfunction is equally common in pre-diabetes and diabetes and associated with concomitant cardiometabolic risk factors. **Open Heart**, v. 13, n. 1, p. e004052, 20 jan. 2026.

LI, Pan *et al.* Impact of left ventricular ejection fraction on unplanned readmission after aortic regurgitation surgery: a single-center retrospective cohort study. **Frontiers in Cardiovascular Medicine**, v. 13, 21 abr. 2026.

MARCHINI, Federico *et al.* Assessing Cardiac Mechanical Dysfunction in Transfusion-Dependent β-Thalassemia With History of Atrial Fibrillation: The Role of Speckle Tracking Echocardiography. **Echocardiography**, v. 43, n. 2, 11 fev. 2026.

MUNTEAN, Iolanda *et al.* Multichamber Strain Imaging and Biomarker Profiling for 1-Year Risk Stratification in Pediatric Dilated Cardiomyopathy. **Life**, v. 16, n. 3, p. 369, 24 fev. 2026.

PHAM, Thuy Thuc Minh *et al.* Left atrial strain reveals subclinical dysfunction in children after successful coarctation repair. **PLOS One**, v. 21, n. 3, p. e0344778, 11 mar. 2026.

ROZIKHODJAEVA, Gulnora *et al.* Rule-based clinical decision support system for automated assessment of left ventricular diastolic function during stress echocardiography. **Frontiers in Health Services**, v. 6, 15 abr. 2026.

SANTA CRUZ-VENEGAS, Julián *et al.* Transcatheter Versus Surgical Aortic Valve Replacement in Severe Aortic Stenosis With Reduced Left Ventricular Ejection Fraction (≤50%): A Systematic Review and Meta-Analysis of Hemodynamic and Clinical Outcomes. **Cureus**, 28 abr. 2026.

SHARIFKAZEMI, Mohammadbagher *et al.* Longitudinal strain in left ventricular non-compaction: insights derived from two-dimensional speckle-tracking echocardiography and cardiac magnetic resonance imaging strain. **BMC Cardiovascular Disorders**, v. 26, n. 1, p. 78, 23 dez. 2025.

ŞUTEU, Carmen Corina *et al.* Advanced Echocardiographic Characterization of Neonatal Ebstein's Anomaly Using Myocardial Deformation Imaging: A Single-Center Study. **Life**, v. 16, n. 4, p. 670, 14 abr. 2026.

TSIAMIS, Nikolaos *et al.* Left Atrioventricular Coupling Index: A Comprehensive Review of the Literature. **Life**, v. 16, n. 5, p. 722, 24 abr. 2026.

ÜNLÜTÜRK, Sahra *et al.* Prognostic value of left atrial strain in ACHD patients with right-sided cardiac pathology. **Open Heart**, v. 13, n. 1, p. e004033, 29 jan. 2026.

WESSLY, Priscilla *et al.* Impact of Fitness on Cardiac Torsion and Wall Mechanics in Ischemic Heart Disease Study (FIT-TWIST). **Journal of Cardiovascular Development and Disease**, v. 13, n. 2, p. 62, 24 jan. 2026.

ZHANG, Yao; MU, Yuming. Echocardiographic assessment of left atrial structure and function in severe aortic stenosis with preserved vs. reduced left ventricular ejection fraction. **Frontiers in Cardiovascular Medicine**, v. 13, 21 maio 2026.