Conceitos Teóricos da Ecografia Pulmonar no Diagnóstico da Congestão

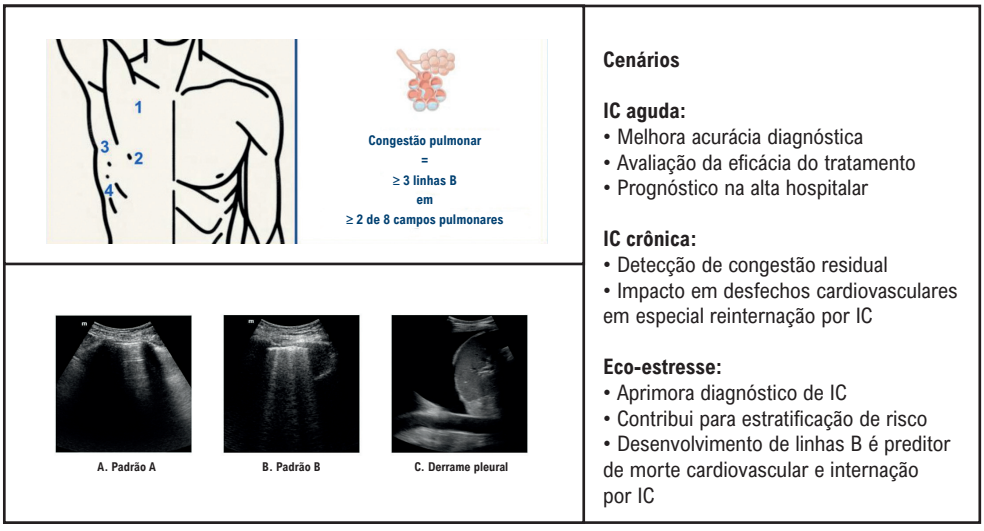
Theoretical Concepts of Lung Ultrasound in the Diagnosis of Congestion

Willian Roberto Menegazzo,[1] Marina Petersen Saadi,[1,2] Gustavo Paes Silvano,[1,2] Vinícius Leite Gonzalez,[1] Anderson Donelli da Silveira[1,2]

Hospital de Clinicas de Porto Alegre,[1] Porto Alegre, RS – Brasil

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Programa de Pós-Graduação em Cardiologia e Ciências Cardiovasculares,[2] Porto Alegre, RS – Brasil

Figura Central: Conceitos Teóricos da Ecografia Pulmonar no Diagnóstico da Congestão



ABC Heart Fail Cardiomyop. 2024; 4(1):e20240022

Resumo

Detectar com precisão a congestão pulmonar continua sendo um desafio na cardiologia, apesar dos avanços nos métodos diagnósticos. Abordagens tradicionais, como exame físico e radiografia de tórax, têm limitações na avaliação em tempo real e no monitoramento dinâmico do estado volêmico. A ecografia pulmonar (EP) surge como uma ferramenta promissora, oferecendo uma abordagem não invasiva e à beira do leito para detectar congestão pulmonar com maior acurácia diagnóstica, fornecendo informações valiosas sobre o estado volêmico. Em pacientes com insuficiência cardíaca, a EP demonstrou sensibilidade e especificidade elevadas na detecção de congestão pulmonar, contribuindo para um diagnóstico diferencial mais preciso e agilizando a tomada de decisão clínica. No cenário do ecocardiograma de estresse, a EP melhora a estratificação de risco, identificando pacientes com maior probabilidade de eventos cardiovasculares adversos. Fora do contexto da insuficiência cardíaca, a EP também tem sido aplicada em outros cenários clínicos, como na síndrome coronariana aguda e na avaliação do status volêmico em pacientes em diálise. Essa expansão de uso reflete o potencial da EP como uma ferramenta versátil e valiosa em diferentes contextos clínicos, oferecendo uma abordagem mais precoce, precisa e eficaz no cuidado cardiológico.

Palavras-chave

Insuficiência Cardíaca; Edema Pulmonar; Ultrassonografia; Ecocardiografia sob Estresse

Correspondência: Willian R. Menegazzo •
Hospital de Clinicas de Porto Alegre – Cardiologia - Ramiro Barcelos, 2350. CEP 90035-903, Porto Alegre, RS – Brasil
E-mail: wmenegazzo@gmail.com
Artigo recebido em 12/04/2024, revisado em 26/06/2024, aceito em 30/06/2024
Editor responsável pela revisão: Luis Beck-da-Silva

DOI: https://doi.org/10.36660/abchf.20240022

Introdução

Apesar dos progressos nos métodos diagnósticos na cardiologia e insuficiência cardíaca (IC), a detecção precisa da congestão pulmonar ainda enfrenta notáveis desafios. Embora os métodos convencionais, como exame físico, radiografia de tórax e biomarcadores ofereçam abordagens eficazes de avaliação, estes possuem limitações inerentes, especialmente em relação à avaliação em tempo real e ao monitoramento dinâmico do estado volêmico.[1]

A combinação do exame clínico com biomarcadores, como o peptídeo natriurético cerebral (BNP) e exames de imagem é recomendada para melhorar a distinção entre possíveis diagnósticos diferenciais.[2] No entanto, a tradicional radiografia de tórax também apresenta sensibilidade limitada na avaliação de congestão.[3] Diante desse cenário clínico complexo, há necessidade de métodos diagnósticos e monitoramento mais precisos. Nesse contexto, a ecografia pulmonar (EP) emerge como uma ferramenta promissora, ao oferecer uma abordagem não invasiva e à beira do leito para detectar a congestão pulmonar com acurácia diagnóstica e reprodutibilidade superior à avaliação clínica tradicional (Tabela 1).[4] Em comparação com outros métodos de imagem que podem identificar congestão, a EP se destaca por suas características primordiais: baixo custo, aplicabilidade à beira do leito, ampla disponibilidade, capacidade de monitoramento do efeito terapêutico, utilidade em protocolos de estresse e associação com desfechos clínicos.[5]

Tabela 1 – Diagnóstico comparativo entre sinais clínicos e ecografia pulmonar na detecção de congestão pulmonar

	Sensibilidade (%)	Especificidade (%)	Precisão (%)
Exame físico			
Crepitantes	55	91	65
Turgência jugular	40	86	52
Edema periférico	37	95	52
Eco pulmonar	90	95	91

Adaptado de Kataoka e Takada (2000).[14]

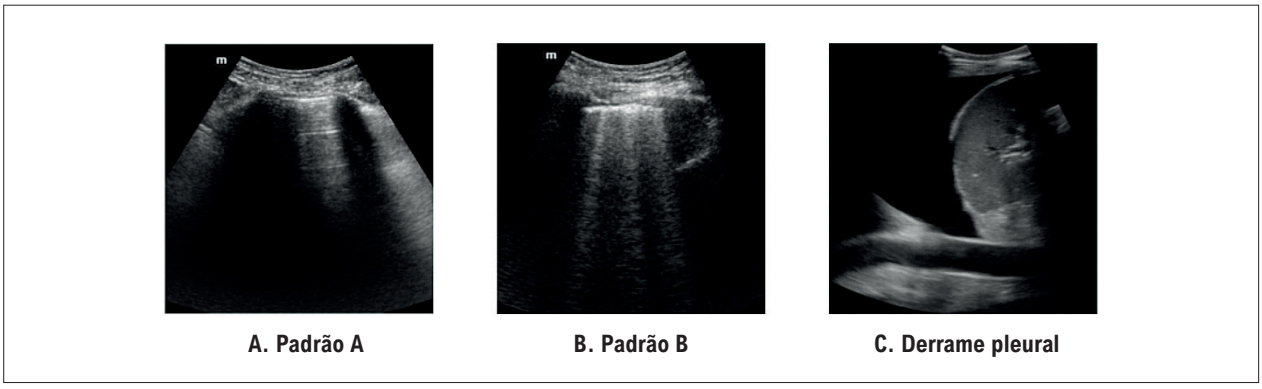
Aspectos técnicos

Em um pulmão normal, a EP identifica somente a pleura, como uma linha horizontal hiperecoica que apresenta deslizamento pleural com a respiração e reverbera na área de escaneamento sempre em intervalos equidistantes, descrito como padrão A (Figura 1A). Quando há um decréscimo na quantidade de ar e aumento da densidade pulmonar, ocorre o surgimento das linhas B, artefatos ultrassonográficos verticais que se originam da pleura e se estendem por toda a área de escaneamento, omitindo as linhas A e se movendo conforme a respiração do paciente, indicando a presença de edema pulmonar intersticial (Figura 1B).[6,7]

Além da identificação do edema intersticial pulmonar, a EP também permite o diagnóstico de derrame pleural, através da identificação de imagem hipoecoica acima do diafragma nas janelas laterais e posteriores, junto ao ângulo costofrênico (Figura 1C).

Por não haver necessidade de grande resolução temporal e espacial, o uso da maior parte dos ecógrafos comercialmente disponíveis, incluindo os portáteis, costuma ser suficiente para adquirir imagens de qualidade. Sugere-se o uso de transdutor convexo de 5 MHz ou transdutor cardíaco setorial com 2,5 a 5 MHz. O transdutor convexo deve ser posicionado perpendicularmente à parede torácica, entre as costelas, a fim de evitar sombreamentos que possam interferir na visualização da linha pleural e do parênquima pulmonar subjacente; o transdutor cardíaco, pelo menor tamanho, costuma não dificultar a adequada visualização dos espaços intercostais. A imagem harmônica pode ser utilizada para melhor identificação das linhas B. As configurações de profundidade e ganho são ajustadas para otimizar a visualização da pleura e do tecido pulmonar.[8,9]

Diversos protocolos foram descritos para realização da EP, variando no número de campos pulmonares examinados.[10] No entanto, o protocolo de 8 campos é o mais comumente utilizado na prática clínica e é sugerido pelo novo consenso da Associação Europeia de Imagem Cardiovascular (EACVI).[7] Este protocolo consiste na varredura bilateral das áreas anterior e lateral do tórax, com cada hemitórax sendo dividido em 4 campos: ântero-superior e ântero-inferior, na linha hemiclavicular; campos látero-superior e



A. Padrão A B. Padrão B C. Derrame pleural

Figura 1 – *Padrões ecográficos pulmonares: A) padrão A; B) padrão B; C) derrame pleural.*

látero-inferior, na linha axilar média (Figura 2 e Vídeo 1). A identificação de 3 ou mais linhas B em 2 ou mais campos sugere congestão pulmonar (Vídeo 2).[7] O aumento do número de linhas B correlaciona-se com elevação da pressão capilar pulmonar (PCP), conforme validado por medidas hemodinâmicas invasivas, proporcionando uma possibilidade de abordagem não invasiva para estimar as pressões de enchimento do ventrículo esquerdo.[11]

Ecografia pulmonar na insuficiência cardíaca

Na avaliação ecocardiográfica de pacientes com IC, a EP é um marcador adicional de congestão em relação aos parâmetros tradicionalmente obtidos. Além do aumento do átrio esquerdo, da relação E/e' elevada, da elevação das pressões pulmonares e da estimativa da pressão venosa central elevada através da avaliação da veia cava inferior, a presença de linhas B pulmonares é um marcador independente de IC esquerda e aumento nas pressões de enchimento ventricular esquerda, podendo ser obtido com o mesmo transdutor e com adição de poucos minutos no tempo total do exame em casos com suspeita clínica ou diagnóstico de IC.[7]

Insuficiência cardíaca aguda

A EP emergiu como uma ferramenta diagnóstica, de monitoramento terapêutico e prognóstica promissora no cenário da IC aguda. Em cenários de emergência, oferece uma avaliação rápida e não invasiva, demonstrando importante papel no diagnóstico diferencial de dispneia, com sensibilidade de 93,7% (intervalo de confiança de 95%: 86,01% a 97,9%) e especificidade de 86,1% (intervalo de confiança de 95%: 70,5% a 96,3%) para discriminar etiologia cardíaca e não cardíaca da dispneia.[12] Quando associada à avaliação clínica tradicional no diagnóstico da IC agudamente descompensada no cenário da emergência, a EP apresentou maior capacidade diagnóstica (área sob a curva [AUC] 0,95 versus AUC 0,88; p < 0,01), enquanto o uso de radiografia de tórax e NT-proBNP não superou a

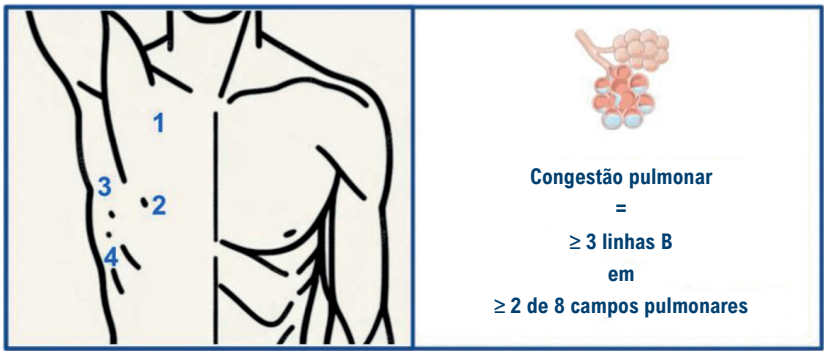
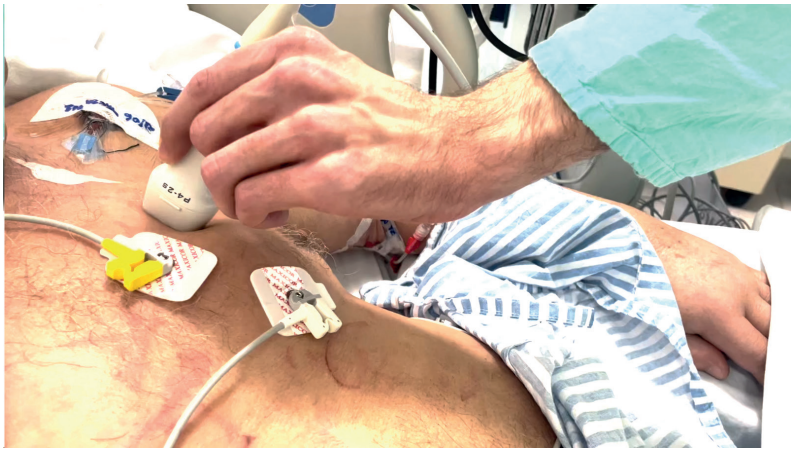
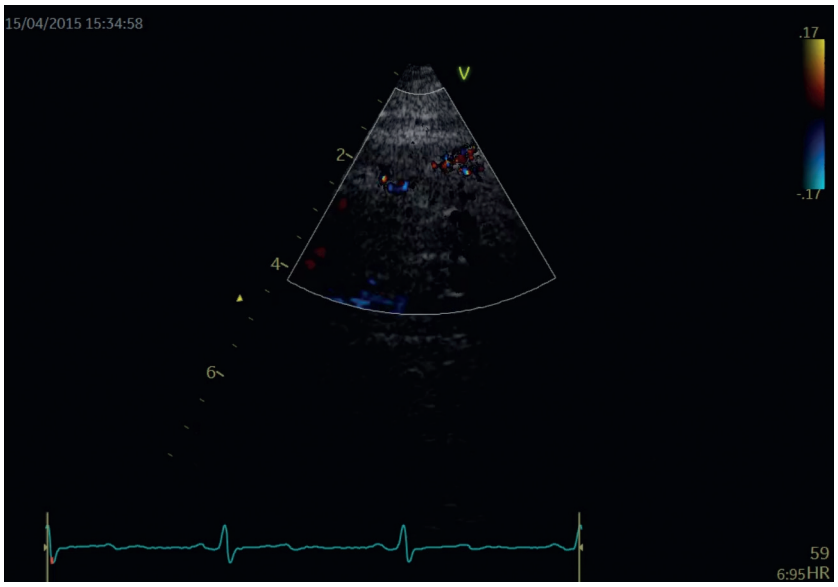


Figura 2 – *À esquerda: campos pulmonares a serem avaliados no protocolo de 8 campos, sendo 4 em cada hemitórax; 1- ântero-superior; 2- ântero-inferior; 3- látero-superior; 4- látero-inferior. À direita: definição de congestão pulmonar pela ecografia pulmonar.*



Vídeo 1 – *Exemplo da aquisição da ecografia pulmonar dos quatro campos pulmonares no hemitórax esquerdo: anterior superior, anterior inferior, lateral superior e lateral inferior, respectivamente. Link: http://abcheartfailure.org/supplementary-material/2024/401/2024-0022_AR_video_1.mp4.*



Vídeo 2 – *Exemplo de linhas B: artefatos ultrassonográficos verticais que se originam da pleura e se distribuem pela área de escaneamento. Link: http://abcheartfailure.org/supplementary-material/2024/401/2024-0022_AR_video_2.MP4.*

avaliação clínica tradicional (AUC 0,87 versus AUC 0,85; p > 0,05).[13] Ademais, o uso da EP reduziu 8% dos erros diagnósticos comparada à avaliação clínica tradicional, além da redução do tempo de diagnóstico em 100 minutos comparada à avaliação complementar com radiografia de tórax e NT-proBNP.[13] Em estudo conduzido no cenário da IC descompensada, a pesquisa de derrame pleural através da EP demonstrou ter elevadas sensibilidade e especificidade (90% e 95%, respectivamente) na detecção de congestão pulmonar, superando os sinais do exame físico, como estertores crepitantes, turgência venosa jugular e edema periférico.[14] Além disso, resultou em maior agilidade na indicação de internação hospitalar e em redução no tempo total de internação hospitalar em 33%.[15] Em avaliação seriada em pacientes internados por IC, em paralelo com outros marcadores de congestão como relação E/e', BNP e estimativa pressão venosa central por medida da veia cava inferior, a EP se mostrou como único fator preditor de mortalidade por todas as causas, assim como desfecho composto por mortalidade e rehospitalização.[16]

No cenário de pacientes internados por IC descompensada, o monitoramento da congestão através da avaliação de linhas B pulmonares é bastante útil, devido à rápida resposta da diminuição de linhas B com a melhora da congestão, o que pode auxiliar na detecção de congestão subclínica, no ajuste de diuréticos e potencialmente diminuir o tempo de internação hospitalar.[7,17]

Na avaliação pré-alta hospitalar, a presença de congestão residual parece identificar pacientes com pior prognóstico e especialmente maior necessidade de nova hospitalização por IC no seguimento em até 6 meses.[7,18,19] Neste cenário, ensaio clínico randomizado que avaliou o uso de EP para guiar o manejo clínico da congestão residual pré-alta hospitalar comparado ao manejo clínico tradicional por médico generalista, com realização de EP domiciliar após a alta hospitalar por enfermeiros treinados, reduziu em 66% a necessidade de nova hospitalização em 30 dias e em 37% em 90 dias comparado ao manejo tradicional.[20] A presença de 12 ou mais linhas B na alta hospitalar se mostrou preditor independente de readmissão hospitalar e mortalidade em 6 meses.[21] Outra coorte recentemente publicada mostrou que a presença de 2 a 3 campos pulmonares com padrão B apresenta 25% mais risco de reinternação por IC em 30 dias e mais do que 4 campos com padrão B aumenta 50% o risco de internação em 30 dias comparado a pacientes que recebem alta com 0 a 1 campos positivos.[22] Na mesma linha, uma metanálise publicada recentemente demonstrou que uma maior quantidade de linhas B tanto na admissão, na alta hospitalar e a nível ambulatorial está associada a rehospitalização por IC e mortalidade geral e que a adição da EP ao escore MAGGIC e AHEAD reclassifica o prognóstico dos pacientes nos três diferentes cenários.[23]

Insuficiência cardíaca crônica

Em pacientes ambulatoriais, a maioria dos pacientes estáveis e com sintomas controlados podem ser adequadamente avaliados através da anamnese e exame físico.[2,7] Entretanto, pelo menos três ensaios clínicos randomizados demonstram que os pacientes com manejo ambulatorial guiado pela EP, quando comparados àqueles guiados pela avaliação clínica tradicional, apresentaram redução de eventos relacionados à IC, incluindo do desfecho composto de morte, hospitalização e visitas urgência na emergência por piora da IC nos primeiros 6 meses após a alta hospitalar, especialmente em decorrência da redução do último desfecho citado, com um número

de 5 pacientes acompanhados com EP para reduzir um evento de visita à emergência.[24-26] Desta forma, a associação da EP à avaliação clínica tradicional melhora detecção de congestão residual, com impacto na redução de eventos cardiovasculares, em especial internação hospitalar por IC.

Ecografia pulmonar no ecocardiograma de estresse

O ecocardiograma de estresse é considerado uma modalidade de imagem custo-efetiva e é recomendada pelas mais recentes diretrizes para avaliar pacientes com doença arterial coronariana (DAC)[27] e IC.[2,28] Além de fornecer uma análise detalhada da motilidade parietal, permite a avaliação dinâmica de valvopatias, hipertensão pulmonar, função diastólica e linhas B.[29,30]

Em particular, as linhas B representam uma abordagem prática e direta para avaliar a presença de água extravascular pulmonar e sua variação durante o estresse.[31,32] Em indivíduos saudáveis, o exercício determina apenas um leve aumento na PCP e na pressão da artéria pulmonar, sem impactar significativamente o leito vascular pulmonar. Por outro lado, em pacientes com disfunção substancial do ventrículo esquerdo, o exercício eleva a pressão de enchimento diastólico final do ventrículo esquerdo e a PCP.[33-35] Quando a PCP ultrapassa os 25 mmHg durante o exercício, ocorre uma transferência aumentada de água do compartimento vascular para o extravascular, superando a atração exercida pela pressão oncótica e resultando em um acúmulo de água extravascular pulmonar.[36]

A presença de 10 ou mais linhas B no pico do estresse (ou imediatamente após) em protocolo de 4 campos com qualquer forma de estresse físico ou farmacológico foi um preditor independente para morte e infarto agudo do miocárdio não fatal em pacientes com DAC e/ou IC durante seguimento médio de 15,2 meses (*hazard ratio*: 3,544; intervalo de confiança de 95%: 1,466 a 8,687; p = 0,006).[37] Em um estudo com pacientes referenciados para realização de ecocardiograma com exercício físico, as linhas B aumentaram durante o exercício em todos os grupos estudados (DAC, IC e regurgitação mitral isquêmica ≥ moderada em repouso), exceto nos controles. Na análise multivariada, a presença de linhas B no pico do estresse foi preditor independente de morte por todas as causas após seguimento médio de 29 meses (*hazard ratio*: 2,179; intervalo de confiança de 95%: 1,015 a 4,680; p = 0,046).[38]

Na IC com fração de ejeção reduzida, o número de linhas B durante ecocardiograma com estresse físico apresenta forte correlação com valores de NT-proBNP em repouso (r: 0,88; p < 0,0001), VO_2 pico (r: −0,90; p < 0,0001) e com a pressão sistólica da artéria pulmonar sob estresse (r: 0,84; p < 0.0001).[39] A detecção de um maior número de linhas B no pico do exercício está associada a um maior risco de hospitalização e morte por IC (sobrevida livre de eventos em 12 meses de 95% em pacientes com < 30 linhas B versus 7% em pacientes com ≥ 30 linhas B; p < 0,0001), em protocolo de análise de 28 campos pulmonares.[39]

Em pacientes com IC com fração de ejeção preservada, o desenvolvimento de congestão pulmonar durante o exercício acontece concomitante com a piora da função diastólica, predominante com aumento da relação E/e' média e redução do *strain rate* diastólico tardio (R^2: 0.776; p < 0,04).[40] Tanto o número de linhas B no pico (*hazard ratio*: 1,50; intervalo de confiança de 95%: 1,21 a 1,85; p < 0,001) como a mudança em relação a linha de base (*hazard ratio*: 1,34; intervalo de confiança de 95%: 1,12 a 1,62; p = 0,002) durante ecocardiograma com exercício físico foram preditores de morte cardiovascular ou internação por IC em 1 ano nesta população.[41]

Estes achados indicam que a EP pode aprimorar o diagnóstico de IC e contribuir para a estratificação de risco quando combinada com o ecocardiograma de estresse. Nesta linha, a EP tem sido integrada em protocolos expandidos de ecocardiograma com estresse físico[42] e protocolos realizados em conjunto com o teste cardiopulmonar de exercício,[43,44] proporcionando uma gama adicional de parâmetros para análise.

Ecografia pulmonar em outros cenários

Pacientes com síndrome coronariana aguda podem desenvolver IC em até um terço dos casos, que está associada com aumento do risco de mortalidade total.[45,46] No infarto agudo do miocárdio com supradesnível do segmento ST, a EP, combinada com os critérios de Killip, configura o escore LUCK (do inglês, *Lung Ultrasound Combined with Killip*), que apresenta acurácia diagnóstica superior ao Killip de forma isolada para predição de mortalidade intra-hospitalar, assim como alto valor preditivo negativo para descartar congestão pulmonar.[47]

A sobrecarga de fluidos representa um desafio contínuo na população em diálise dada a dificuldade em avaliar o status volêmico neste perfil de pacientes,[48] acarretando em hipertensão, hospitalização prolongada e aumento das taxas de readmissão hospitalar.[49,50] Por muito tempo, o processo de determinar o peso seco de um paciente e avaliar a água extravascular pulmonar esteve baseado em sinais vitais e dados do exame físico. Com o advento da EP, esta ferramenta tornou-se valiosa na identificação de congestão pulmonar na doença crônica dialítica, com a resolução das linhas B acompanhando a remoção de fluídos durante a hemodiálise,[51] com potencial uso na monitorização da resposta dialítica.[52]

Desafios e limitações

Outras doenças intersticiais pulmonares também podem ser representadas na EP através da presença de linhas B. A síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA) cursa com edema pulmonar não cardiogênico com difícil diagnóstico diferencial da congestão pulmonar cardiogênica. Algumas características, como a presença de algumas áreas poupadas entre áreas com muitas linhas B e presença de consolidações subpleurais podem ser mais sugestivas de SDRA. A fibrose pulmonar, em comparação ao edema cardiogênico, apresenta menos frequentemente associação gravitacional (o edema cardiogênico é mais frequente em campos posteriores e inferiores) e não apresenta modificação no seu padrão após terapêutica com diuréticos.[53]

Conclusão

A EP consolidou-se como uma ferramenta diagnóstica de grande valor na detecção da congestão pulmonar em pacientes com IC, tanto na apresentação aguda quanto crônica. Através de sua aplicação prática e não invasiva, este método ultrassonográfico oferece melhor acurácia diagnóstica, monitoramento dinâmico da congestão pulmonar e identificação dos pacientes de pior prognóstico (Tabela 2), transcendendo as limitações dos métodos de avaliação tradicionais.

Nos contextos clínicos desafiadores da IC descompensada, a EP emerge como um preditor confiável de congestão, evidenciando sua utilidade na identificação precoce de pacientes em risco de desfechos adversos. A habilidade de detectar edema intersticial pulmonar e a sobrecarga volêmica subclínica através das linhas B permite intervenções terapêuticas mais precoces, com um impacto positivo na morbidade e na mortalidade associadas à IC.

Além disso, a EP vem se demonstrando uma ferramenta valiosa no contexto do ecocardiograma de estresse, ampliando capacidade diagnóstica e melhorando a estratificação de risco. No entanto, a presença de linhas B não é exclusiva à congestão cardiogênica, ressaltando a necessidade de interpretação criteriosa diante de outras patologias pulmonares intersticiais, como a SDRA e a fibrose pulmonar.

O advento da EP reflete um salto qualitativo nos cuidados cardíacos, tornando-se componente fundamental no arsenal diagnóstico do cardiologista, alavancando uma abordagem mais precoce, acurada e efetiva no manejo da IC.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa, Redação do manuscrito e Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo: Menegazzo WR, Saadi MP, Silvano GP, Gonzalez VLG, Silveira AD.

Tabela 2 – Ecografia pulmonar e seu papel prognóstico em diferentes cenários clínicos

Cenário	Desenho do estudo	Achados/prognóstico	Referência
IC aguda	Retrospectivo observacional	EP na emergência reduz em 33% o tempo total de internação hospitalar	Núñez-Ramos et al., 2023, Am J Emerg Med[15]
	Prospectivo observacional	Maior número de linhas B na admissão associado a mais eventos adversos intra-hospitalares. Maior número de linhas B na alta associado a reinternação e morte em 90 e 180 dias.	Platz et al., 2019, J Am Coll Cardiol HF[18]
	Coorte prospectiva	Resolução da congestão pulmonar no EP durante internação é melhor fator preditor de ausência de mortalidade e reinternação em 6 meses	Öhman et al., 2018, Eur Heart J Acute Cardiovasc Care[16]
	Ensaio clínico randomizado	Congestão residual no EP pré-alta (≥ 10 linhas B) associada a reinternações precoces (< 14 dias) e múltiplas reinternações em 90 dias	Zisis et al., 2024, J Card Fail[20]
	Coorte prospectiva	≥ 12 linhas B na alta predizem reinternação e mortalidade em 6 meses	Rattarasarnet al., 2022, BMC Cardiovasc. Disord[21]
	Coorte prospectiva	EP com 2-3 campos com padrão B na alta associado a aumento de 25% no risco de reinternação em 30 dias; ≥ 4 campos com padrão B elevam o risco em 50%	Cohen et al., 2023, J. Ultrasound Med[22]
IC crônica/ ambulatorial	Ensaio clínico randomizado	Tratamento guiado por EP demonstrou melhora da capacidade funcional e redução de hospitalização por IC em 180 dias	Rivas-Lasarte et al., 2019, Eur J Heart Fail[24]
	Ensaio clínico randomizado	Tratamento guiado por EP reduz em 45% o risco de hospitalização por IC em 6 meses	Araiza-Garaygordobil et al., 2020, Am Heart J[25]
	Ensaio clínico randomizado	Adição do EP ao exame físico reduz risco de rehospitalização em 56% em 6 meses	Marini et al., 2020, Heart[26]
Eco estresse	Coorte prospectiva	≥ 10 linhas B no pico do estresse predizem morte e infarto agudo não fatal em 15 meses em pacientes com DAC e/ou IC	Scali et al., 2020, JACC Cardiovasc Imaging[37]
	Coorte prospectiva	Aumento de linhas B no pico do estresse como preditor independente de morte por todas as causas em 29 meses em pacientes com DAC, IC e insuficiência mitral moderada	Merli et al., 2022, Circ Cardiovasc Imaging[38]
	Coorte prospectiva	Maior número de linhas B no pico e mudança em relação à linha de base como preditores de morte e hospitalização em 1 anos em IC de FE preservada	Coiro et al., 2020, Circ Heart Fail[41]
Infarto agudo do miocárdio	Coorte prospectiva	Adição da EP ao Killip melhora acurácia prognóstica e re-estratifica risco de mortalidade intra-hospitalar no infarto agudo do miocárdio com supradesnivelamento do segmento ST	Araújo et al., 2020, Circ Cardiovasc Imaging[47]

DAC: doença arterial coronariana; EP: ecografia pulmonar; FE: fração de ejeção; IC: insuficiência cardíaca.

Potencial conflito de interesse

Não há conflito com o presente artigo.

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 artigo não contém estudos com humanos ou animais realizados por nenhum dos autores.

Referências

1. Muniz RT, Mesquita ET, Souza CV Jr, Martins WA. Pulmonary Ultrasound in Patients with Heart Failure - Systematic Review. Arq Bras Cardiol. 2018;110(6):577-84. doi: 10.5935/abc.20180097.
2. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, Baumbach A, Böhm M, et al. 2021 ESC Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure. Eur Heart J. 2021 Sep 21;42(36):3599-726. doi: 10.1093/eurheartj/ehab368.
3. Collins SP, Lindsell CJ, Storrow AB, Abraham WT. Prevalence of Negative Chest Radiography Results in the Emergency Department Patient with Decompensated Heart Failure. Ann Emerg Med. 2006;47(1):13-8. doi: 10.1016/j.annemergmed.2005.04.003.
4. Miglioranza MH, Sousa ACS, Araújo CSC, Almeida-Santos MA, Gargani L. Lung Ultrasound: The Cardiologists' New Friend. Arq Bras Cardiol. 2017;109(6):606-8. doi: 10.5935/abc.20170169.
5. Lindow T, Quadrelli S, Ugander M. Noninvasive Imaging Methods for Quantification of Pulmonary Edema and Congestion: A Systematic Review. JACC Cardiovasc Imaging. 2023;16(11):1469-84. doi: 10.1016/j.jcmg.2023.06.023.
6. Picano E, Scali MC, Ciampi Q, Lichtenstein D. Lung Ultrasound for the Cardiologist. JACC Cardiovasc Imaging. 2018;11(11):1692-705. doi: 10.1016/j.jcmg.2018.06.023.
7. Gargani L, Girerd N, Platz E, Pellicori P, Stankovic I, Palazzuoli A, et al. Lung Ultrasound in Acute and Chronic Heart Failure: A Clinical Consensus Statement of the European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI). Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2023;24(12):1569-82. doi: 10.1093/ehjci/jead169.
8. Stassen J, Bax JJ. How to do Lung Ultrasound. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2022;23(4):447-9. doi: 10.1093/ehjci/jeab241.
9. Picano E, Pierard L, Peteiro J, Djordjevic-Dikic A, Sade LE, Cortigiani L, et al. The Clinical Use of Stress Echocardiography in Chronic Coronary Syndromes and Beyond Coronary Artery Disease: A Clinical Consensus Statement from the European Association of Cardiovascular Imaging of the ESC. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2024;25(2):65-90. doi: 10.1093/ehjci/jead250.
10. Demi L, Wolfram F, Klersy C, De Silvestri A, Ferretti VV, Muller M, et al. New International Guidelines and Consensus on the Use of Lung Ultrasound. J Ultrasound Med. 2023;42(2):309-44. doi: 10.1002/jum.16088.
11. Imanishi J, Maeda T, Ujiro S, Masuda M, Kusakabe Y, Takemoto M, et al. Association between B-lines on Lung Ultrasound, Invasive Haemodynamics, and Prognosis in Acute Heart Failure Patients. Eur Heart J Acute Cardiovasc Care. 2023;12(2):115-23. doi: 10.1093/ehjacc/zuac158.
12. Perrone T, Maggi A, Sgarlata C, Palumbo I, Mossolani E, Ferrari S, et al. Lung Ultrasound in Internal Medicine: A Bedside Help to Increase Accuracy in the Diagnosis of Dyspnea. Eur J Intern Med. 2017;46:61-5. doi: 10.1016/j.ejim.2017.07.034.
13. Pivetta E, Goffi A, Nazerian P, Castagno D, Tozzetti C, Tizzani P, et al. Lung Ultrasound Integrated with Clinical Assessment for the Diagnosis of Acute Decompensated Heart Failure in the Emergency Department: A Randomized Controlled Trial. Eur J Heart Fail. 2019;21(6):754-66. doi: 10.1002/ejhf.1379.
14. Kataoka H, Takada S. The Role of Thoracic Ultrasonography for Evaluation of Patients with Decompensated Chronic Heart Failure. J Am Coll Cardiol. 2000;35(6):1638-46. doi: 10.1016/s0735-1097(00)00602-1.
15. Núñez-Ramos JA, Aguirre-Acevedo DC, Pana-Toloza MC. Point of Care Ultrasound Impact in Acute Heart Failure Hospitalization: A Retrospective Cohort Study. Am J Emerg Med. 2023;66:141-5. doi: 10.1016/j.ajem.2023.01.047.
16. Öhman J, Harjola VP, Karjalainen P, Lassus J. Assessment of Early Treatment Response by Rapid Cardiothoracic Ultrasound in Acute Heart Failure: Cardiac Filling Pressures, Pulmonary Congestion and Mortality. Eur Heart J Acute Cardiovasc Care. 2018;7(4):311-20. doi: 10.1177/2048872617708974.
17. Mozzini C, Dio Perna MD, Pesce G, Garbin U, Pasini AMF, Ticinesi A, et al. Lung Ultrasound in Internal Medicine Efficiently Drives the Management of Patients with Heart Failure and Speeds up the Discharge Time. Intern Emerg Med. 2018;13(1):27-33. doi: 10.1007/s11739-017-1738-1.
18. Platz E, Campbell RT, Claggett B, Lewis EF, Groarke JD, Docherty KF, et al. Lung Ultrasound in Acute Heart Failure: Prevalence of Pulmonary Congestion and Short- and Long-Term Outcomes. JACC Heart Fail. 2019;7(10):849-58. doi: 10.1016/j.jchf.2019.07.008.
19. Rastogi T, Bozec E, Pellicori P, Bayes-Genis A, Coiro S, Domingo M, et al. Prognostic Value and Therapeutic Utility of Lung Ultrasound in Acute and Chronic Heart Failure: A Meta-Analysis. JACC Cardiovasc Imaging. 2022;15(5):950-2. doi: 10.1016/j.jcmg.2021.11.024.
20. Zisis G, Carrington MJ, Yang Y, Huynh Q, Lay M, Whitmore K, et al. Use of Imaging-guided Decongestion for Reducing Heart Failure Readmission and Death in High-risk Patients: A Multi-site Randomized Trial of a Nurse-led Strategy at the Point of Care. J Card Fail. 2024;30(4):624-9. doi: 10.1016/j.cardfail.2023.12.007.
21. Rattarasarn I, Yingchoncharoen T, Assavapokee T. Prediction of Rehospitalization in Patients with Acute Heart Failure Using Point-of-care Lung Ultrasound. BMC Cardiovasc Disord. 2022;22(1):330. doi: 10.1186/s12872-022-02781-9.
22. Cohen A, Li T, Maybaum S, Fridman D, Gordon M, Shi D, et al. Pulmonary Congestion on Lung Ultrasound Predicts Increased Risk of 30-Day Readmission in Heart Failure Patients. J Ultrasound Med. 2023;42(8):1809-18. doi: 10.1002/jum.16202.
23. Rastogi T, Gargani L, Pellicori P, Lamiral Z, Ambrosio G, Bayés-Genis A, et al. Prognostic Implication of Lung Ultrasound in Heart Failure: Pooled Analysis of International Cohorts. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2024:jeae099. doi: 10.1093/ehjci/jeae099.
24. Rivas-Lasarte M, Álvarez-García J, Fernández-Martínez J, Maestro A, López-López L, Solé-González E, et al. Lung Ultrasound-guided Treatment in Ambulatory Patients with Heart Failure: A Randomized Controlled Clinical Trial (LUS-HF Study). Eur J Heart Fail. 2019;21(12):1605-13. doi: 10.1002/ejhf.1604.
25. Araiza-Garaygordobil D, Gopar-Nieto R, Martinez-Amezcua P, Cabello-López A, Alanis-Estrada G, Luna-Herbert A, et al. A Randomized Controlled Trial of Lung Ultrasound-guided Therapy in Heart Failure (CLUSTER-HF Study). Am Heart J. 2020;227:31-9. doi: 10.1016/j.ahj.2020.06.003.
26. Marini C, Fragasso G, Italia L, Sisakian H, Tufaro V, Ingallina G, et al. Lung Ultrasound-guided Therapy Reduces Acute Decompensation Events in Chronic Heart Failure. Heart. 2020;106(24):1934-9. doi: 10.1136/heartjnl-2019-316429.
27. Winchester DE, Maron DJ, Blankstein R, Chang IC, Kirtane AJ, Kwong RY, et al. ACC/AHA/ASE/ASNC/ASPC/HFSA/HRS/SCAI/SCCT/SCMR/STS 2023 Multimodality Appropriate Use Criteria for the Detection and Risk Assessment of Chronic Coronary Disease. J Am Coll Cardiol. 2023;81(25):2445-67. doi: 10.1016/j.jacc.2023.03.410.

28. Kittleson MM, Panjrath GS, Amancherla K, Davis LL, Deswal A, Dixon DL, et al. 2023 ACC Expert Consensus Decision Pathway on Management of Heart Failure with Preserved Ejection Fraction: A Report of the American College of Cardiology Solution Set Oversight Committee. J Am Coll Cardiol. 2023;81(18):1835-78. doi: 10.1016/j.jacc.2023.03.393.

29. Lancellotti P, Pellikka PA, Budts W, Chaudhry FA, Donal E, Dulgheru R, et al. The Clinical Use of Stress Echocardiography in Non-ischaemic Heart Disease: Recommendations from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2016;17(11):1191-229. doi: 10.1093/ehjci/jew190.

30. Pellikka PA, Arruda-Olson A, Chaudhry FA, Chen MH, Marshall JE, Porter TR, et al. Guidelines for Performance, Interpretation, and Application of Stress Echocardiography in Ischemic Heart Disease: From the American Society of Echocardiography. J Am Soc Echocardiogr. 2020;33(1):1-41. doi: 10.1016/j.echo.2019.07.001.

31. Agricola E, Bove T, Oppizzi M, Marino G, Zangrillo A, Margonato A, et al. "Ultrasound Comet-tail Images": A Marker of Pulmonary Edema: A Comparative Study with Wedge Pressure and Extravascular Lung Water. Chest. 2005;127(5):1690-5. doi: 10.1378/chest.127.5.1690.

32. Picano E, Pellikka PA. Ultrasound of Extravascular Lung Water: A New Standard for Pulmonary Congestion. Eur Heart J. 2016;37(27):2097-104. doi: 10.1093/eurheartj/ehw164.

33. Agricola E, Picano E, Oppizzi M, Pisani M, Meris A, Fragasso G, et al. Assessment of Stress-induced Pulmonary Interstitial Edema by Chest Ultrasound During Exercise Echocardiography and its Correlation with Left Ventricular Function. J Am Soc Echocardiogr. 2006;19(4):457-63. doi: 10.1016/j.echo.2005.11.013.

34. Picano E, Scali MC. The Lung Water Cascade in Heart Failure. Echocardiography. 2017;34(10):1503-7. doi: 10.1111/echo.13657.

35. Reddy YNV, Obokata M, Wiley B, Koepp KE, Jorgenson CC, Egbe A, Melenovsky V, Carter RE, Borlaug BA. The Haemodynamic Basis of Lung Congestion During Exercise in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. Eur Heart J. 2019;40(45):3721-30. doi: 10.1093/eurheartj/ehz713.

36. Kitzman DW, Higginbotham MB, Cobb FR, Sheikh KH, Sullivan MJ. Exercise Intolerance in Patients with Heart Failure and Preserved Left Ventricular Systolic Function: Failure of the Frank-Starling Mechanism. J Am Coll Cardiol. 1991;17(5):1065-72. doi: 10.1016/0735-1097(91)90832-t.

37. Scali MC, Zagatina A, Ciampi Q, Cortigiani L, D'Andrea A, Daros CB, et al. Lung Ultrasound and Pulmonary Congestion During Stress Echocardiography. JACC Cardiovasc Imaging. 2020;13(10):2085-95. doi: 10.1016/j.jcmg.2020.04.020.

38. Merli E, Ciampi Q, Scali MC, Zagatina A, Merlo PM, Arbucci R, et al. Pulmonary Congestion During Exercise Stress Echocardiography in Ischemic and Heart Failure Patients. Circ Cardiovasc Imaging. 2022;15(5):e013558. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.121.013558.

39. Scali MC, Cortigiani L, Simionuc A, Gregori D, Marzilli M, Picano E. Exercise-induced B-lines Identify Worse Functional and Prognostic Stage in Heart Failure Patients with Depressed Left Ventricular Ejection Fraction. Eur J Heart Fail. 2017;19(11):1468-78. doi: 10.1002/ejhf.776.

40. Simonovic D, Coiro S, Deljanin-Ilic M, Kobayashi M, Carluccio E, Girerd N, et al. Exercise-induced B-lines in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction Occur Along with Diastolic Function Worsening. ESC Heart Fail. 2021;8(6):5068-80. doi: 10.1002/ehf2.13575.

41. Coiro S, Simonovic D, Deljanin-Ilic M, Duarte K, Carluccio E, Cattadori G, et al. Prognostic Value of Dynamic Changes in Pulmonary Congestion During Exercise Stress Echocardiography in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. Circ Heart Fail. 2020;13(6):e006769. doi: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.119.006769.

42. Picano E, Ciampi Q, Arbucci R, Cortigiani L, Zagatina A, Celutkiene J, et al. Stress Echo 2030: The New ABCDE Protocol Defining the Future of Cardiac Imaging. Eur Heart J Suppl. 2023;25(Suppl C):63-7. doi: 10.1093/eurheartjsupp/suad008.

43. Pugliese NR, Mazzola M, Fabiani I, Gargani L, De Biase N, Pedrinelli R, et al. Haemodynamic and Metabolic Phenotyping of Hypertensive Patients with and without Heart Failure by Combining Cardiopulmonary and Echocardiographic Stress Test. Eur J Heart Fail. 2020;22(3):458-68. doi: 10.1002/ejhf.1739.

44. Pugliese NR, De Biase N, Gargani L, Mazzola M, Conte L, Fabiani I, et al. Predicting the Transition to and Progression of Heart Failure with Preserved Ejection Fraction: A Weighted Risk Score Using Bio-humoural, Cardiopulmonary, and Echocardiographic Stress Testing. Eur J Prev Cardiol. 2021;28(15):1650-61. doi: 10.1093/eurjpc/zwaa129.

45. Bahit MC, Kochar A, Granger CB. Post-Myocardial Infarction Heart Failure. JACC Heart Fail. 2018;6(3):179-86. doi: 10.1016/j.jchf.2017.09.015.

46. Steg PG, Dabbous OH, Feldman LJ, Cohen-Solal A, Aumont MC, López-Sendón J, et al. Determinants and Prognostic Impact of Heart Failure Complicating Acute Coronary Syndromes: Observations from the Global Registry of Acute Coronary Events (GRACE). Circulation. 2004;109(4):494-9. doi: 10.1161/01.CIR.0000109691.16944.DA.

47. Araújo GN, Silveira AD, Scolari FL, Custódio JL, Marques FP, Beltrame R, et al. Admission Bedside Lung Ultrasound Reclassifies Mortality Prediction in Patients with ST-Segment-Elevation Myocardial Infarction. Circ Cardiovasc Imaging. 2020;13(6):e010269. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.119.010269.

48. Ishibe S, Peixoto AJ. Methods of Assessment of Volume Status and Intercompartmental Fluid Shifts in Hemodialysis Patients: Implications in Clinical Practice. Semin Dial. 2004;17(1):37-43. doi: 10.1111/j.1525-139x.2004.17112.x.

49. Magee G, Zbrozek A. Fluid Overload is Associated with Increases in Length of Stay and Hospital Costs: Pooled Analysis of Data from More than 600 US Hospitals. Clinicoecon Outcomes Res. 2013;5:289-96. doi: 10.2147/CEOR.S45873.

50. Plantinga LC, Masud T, Lea JP, Burkart JM, O'Donnell CM, Jaar BG. Post-hospitalization Dialysis Facility Processes of Care and Hospital Readmissions Among Hemodialysis Patients: A Retrospective Cohort Study. BMC Nephrol. 2018;19(1):186. doi: 10.1186/s12882-018-0983-5.

51. Noble VE, Murray AF, Capp R, Sylvia-Reardon MH, Steele DJR, Liteplo A. Ultrasound Assessment for Extravascular Lung Water in Patients Undergoing Hemodialysis. Time Course for Resolution. Chest. 2009;135(6):1433-9. doi: 10.1378/chest.08-1811.

52. Hallgren C, Svensson CJ, Ullerstam T, Olin M, Dezfoolian H, Kashioulis P, et al. Validating a Simplified Lung Ultrasound Protocol for Detection and Quantification of Pulmonary Edema in Patients with Chronic Kidney Disease Receiving Maintenance Hemodialysis. J Ultrasound Med. 2023;42(9):2013-21. doi: 10.1002/jum.16219.

53. Gargani L. Lung Ultrasound: A New Tool for the Cardiologist. Cardiovasc Ultrasound. 2011;9:6. doi: 10.1186/1476-7120-9-6.

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