

Avaliação da Concordância Interobservadores do Ultrassom à Beira do Leito na Análise da Congestão em Unidade de Terapia Intensiva Cardiovascular

Assessment of Interrater Reliability in Point-of-Care Ultrasound for Assessing Congestion in Cardiovascular Intensive Care

Marina Petersen Saadi,^{1,2}  Guilherme Pinheiro Machado,¹  Gustavo Paes Silvano,^{1,2}  João Pedro da Rosa Barbato,² 
Renato Ferraz Almeida,²  Fernando Luis Scolari,¹  Guilherme Heiden Telo,¹  Anderson Donelli da Silveira^{1,2} 

Hospital de Clínicas de Porto Alegre,¹ Porto Alegre, RS – Brasil

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,² Porto Alegre, RS – Brasil

Resumo

Fundamento: A avaliação da congestão é fundamental para o manejo de pacientes com condições cardiovasculares, incluindo insuficiência cardíaca (IC). Métodos tradicionais frequentemente apresentam baixa sensibilidade, enquanto o ultrassom à beira do leito (*point-of-care* [POCUS]) oferece uma alternativa objetiva, imediata e mais acurada.

Objetivo: Avaliar a concordância interobservador (IRR, do inglês *Inter-rater reliability*) das principais variáveis do POCUS utilizadas na análise da congestão hemodinâmica, pulmonar e venosa sistêmica.

Métodos: Estudo prospectivo, de centro único, realizado entre janeiro e junho de 2023 em uma unidade de terapia intensiva cardiovascular (UTIC) no Brasil. Pacientes adultos foram submetidos a exames padronizados de POCUS. Três avaliadores treinados analisaram independentemente os seguintes parâmetros: ultrassonografia pulmonar (UP [linhas B]), pressões de enchimento do ventrículo esquerdo (PEVE [razões E/A e E/e']), medidas da veia cava inferior (VCI), fluxos venosos hepático e portal por Doppler, e escore Ultrassonográfico de Congestão Venosa modificado (VExUSm). A IRR foi analisada por meio do coeficiente de correlação intraclasse (ICC).

Resultados: Foram incluídos 23 pacientes, com idade mediana de 65 anos, submetidos a três exames POCUS independentes (69 avaliações no total). A UP e as medidas da VCI apresentaram excelente concordância interobservador (ICC: 0,903). Os fluxos venosos hepático e portal demonstraram boa concordância (ICC: 0,808 e 0,796, respectivamente). A graduação do VExUSm obteve a mais alta concordância (ICC: 0,957). A onda E apresentou excelente concordância (ICC: 0,934), enquanto a onda A e a velocidade do e' mostraram concordâncias mais baixas (0,512 e 0,399, respectivamente). As razões E/e' e E/A apresentaram concordância de moderada a boa (ICC: 0,662 e 0,852, respectivamente). A duração mediana dos exames foi de 10 minutos.

Conclusão: As variáveis do POCUS apresentaram alta reprodutibilidade, especialmente a UP e o escore VExUSm. A reprodutibilidade da UP e do VExUSm foi superior à dos parâmetros de PEVE, sugerindo que esses métodos podem ser mais confiáveis do que medidas tradicionais como E/e'. Esses achados reforçam o uso do POCUS como ferramenta padronizada para avaliação da congestão. Estudos adicionais são necessários para validar seu valor prognóstico.

Palavras-chave: Ultrassom; Unidades de Terapia Intensiva; Insuficiência Cardíaca; VExUS, VExUS modificado.

Abstract

Background: The assessment of congestion is critical for managing patients with cardiovascular conditions, including heart failure (HF). Traditional methods often lack sensitivity, whereas point-of-care ultrasound (POCUS) provides an objective bedside alternative.

Objective: To evaluate the interrater reliability (IRR) of key POCUS variables used to assess hemodynamic, pulmonary, and venous congestion.

Methods: This single-center, prospective study was conducted from January to June 2023 in a cardiovascular intensive care unit (CICU) in Brazil. Adult patients underwent standardized POCUS examinations. Three trained investigators independently assessed lung ultrasound (LUS) (B-lines),

Correspondência: Marina Petersen Saadi •

Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Rua Ramiro Barcelos, 2350. CEP: 90410-000. Porto Alegre, RS – Brasil

E-mail: marinapsaadi@gmail.com

Artigo recebido em 17/04/2025; revisado recebido em 17/04/2025; aceito em 18/04/2025

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250022>

left ventricular filling pressures (LVFP) (E/A and E/e' ratios), inferior vena cava (IVC) measurements, hepatic and portal vein Doppler flow, and modified Venous Excess Ultrasound (mVExUS) Score. IRR was analyzed using intraclass correlation coefficient (ICC).

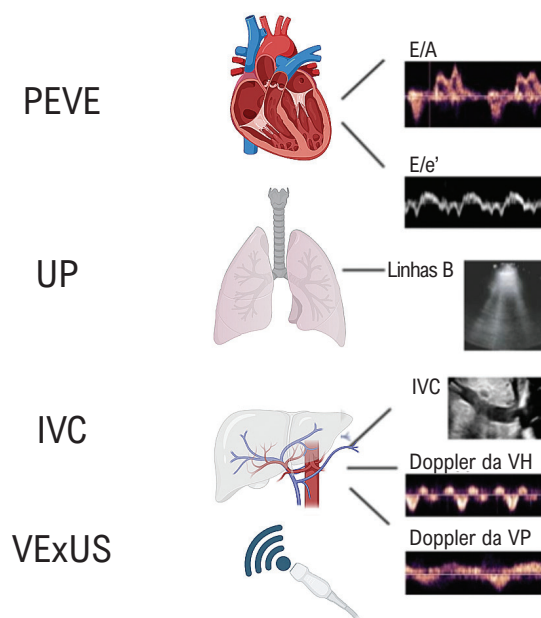
Results: A total of 23 patients were included, with a median age of 65 years, each undergoing three independent POCUS examinations (69 total assessments). LUS and IVC measurements showed excellent IRR (ICC 0.903). Hepatic and portal vein flows demonstrated good IRR (ICCs 0.808 and 0.796, respectively). mVExUS grading achieved the highest IRR (ICC 0.957). The E wave showed excellent IRR (ICC 0.934), while the A wave and e' velocity had lower IRRs (0.512 and 0.399, respectively). E/e' and E/A ratios demonstrated moderate-to-good IRR (ICCs 0.662 and 0.852, respectively). The median exam duration was 10 minutes.

Conclusion: POCUS variables demonstrated high reproducibility, particularly for LUS and mVExUS. The reproducibility of LUS and mVExUS was higher than that of LVFP parameters, suggesting they may be more reliable than traditional measures such as E/e'. These findings support the use of POCUS for standardized assessment of congestion. Further studies are needed to validate its prognostic value.

Keywords: Ultrasonics; Intensive Care Units; Heart Failure.

Full texts in English - <https://www.abcmaging.org/>

Figura Central: Avaliação da Concordância Interobservadores do Ultrassom à Beira do Leito na Análise da Congestão em Unidade de Terapia Intensiva Cardiovascular



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2025;38(2):e20250022

Os principais parâmetros de POCUS avaliados neste estudo incluíram PEVE, UP, medidas da VCI e avaliação da congestão venosa por meio do escore de VExUSm. As variáveis analisadas foram as razões E/A e E/e' para PEVE, linhas B para UP, diâmetro e colapsabilidade da VCI, e avaliação por Doppler das VH e VP para o VExUS. Criada com BioRender.com.

Introdução

A avaliação precisa do estado hemodinâmico e volêmico é fundamental em pacientes gravemente enfermos, especialmente aqueles com doenças cardiovasculares, como a insuficiência cardíaca (IC).¹ Abordagens tradicionais, como o exame clínico e a imagem radiológica, frequentemente não fornecem informações precisas devido à sua natureza subjetiva e à sensibilidade limitada,² o que evidencia a necessidade de ferramentas objetivas à beira do leito. A ultrassonografia pulmonar (UP), o POCUS cardíaco e parâmetros derivados foram desenvolvidos para aprimorar a avaliação desses pacientes.³

A UP tem sido amplamente utilizada há mais de uma década e demonstrou utilidade na detecção de congestão pulmonar, especialmente em casos de IC.⁴⁻⁶ No entanto, o aparecimento de linhas B não é exclusivo do edema pulmonar e pode, por vezes, ser interpretado de forma equivocada. Por esse motivo, recomenda-se a combinação dos achados da UP com outros parâmetros de congestão.^{7,8} O POCUS cardíaco permite a avaliação da congestão hemodinâmica por meio de parâmetros como o fluxo transmitral (razão E/A) e a razão E/e'. Essas medidas, relativamente simples, são de fácil aprendizado e podem ser aplicadas à beira do leito.^{8,9} O escore Ultrassonográfico de congestão venosa -

Venous Excess Ultrasound (VExUS) é utilizado para avaliar a congestão venosa sistêmica por meio da análise do diâmetro da veia cava inferior (VCI) e dos padrões de fluxo da veia hepática (VH), veia porta (VP) e veia renal. A avaliação da congestão sistêmica pelo VExUS também se mostrou útil na predição da síndrome cardiorenal (SRC).^{10,11} A integração de parâmetros de congestão pulmonar e hemodinâmica, especialmente a razão E/e', demonstrou ser mais precisa do que a UP isoladamente para o diagnóstico de IC em contextos de emergência.¹² A inclusão de parâmetros de congestão sistêmica provavelmente ampliaria ainda mais a acurácia diagnóstica.

Apesar do uso crescente, a reprodutibilidade dos componentes individuais do ultrassom à beira do leito ainda é motivo de preocupação. A concordância interobservadores (IRR) é fundamental para garantir consistência entre diferentes operadores e contextos clínicos. A maioria dos estudos anteriores avaliou isoladamente os parâmetros de congestão pulmonar, hemodinâmica e sistêmica, buscando correlacioná-los com a gravidade da congestão ou com desfechos clínicos. No entanto, é importante verificar se as variáveis do POCUS comumente utilizadas na avaliação da congestão apresentam boa IRR e se a avaliação combinada desses parâmetros selecionados é viável na prática clínica.

Este estudo tem como objetivo avaliar a IRR das principais variáveis do POCUS — especificamente a UP, os parâmetros de pressão de enchimento do ventrículo esquerdo (PEVE) (razões E/A e E/e'), as medidas da VCI, as avaliações Doppler das VHs e veias porta (VP), e a graduação pelo escore Ultrassonográfico de Congestão Venosa modificado (VExUSm) em pacientes internados em unidade de terapia intensiva cardiovascular (UTIC), investigando seu potencial para aplicação padronizada à beira do leito (Figura Central).

Métodos

Desenho do estudo

Trata-se de um estudo prospectivo, de centro único, realizado na UTIC de um hospital terciário no Brasil. O período do estudo compreendeu os meses de janeiro a junho de 2023 e incluiu pacientes adultos (≥ 18 anos) internados com diversas condições cardiovasculares, incluindo IC descompensada (ICD), síndromes coronarianas agudas e arritmias. O único critério de exclusão foi a ausência de consentimento para participação.

O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), sob o parecer nº 6.468.353, e conduzido em conformidade com a Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

Avaliação por ultrassonografia

Os exames ultrassonográficos foram realizados com um aparelho de ultrassom (Mindray ME Series; Shenzhen, China), equipado com transdutor setorial *phased-array* de 2,5 MHz. Os pacientes foram posicionados em decúbito dorsal, com elevação da cabeça a 30 graus, para padronização das condições de imagem. Sinais vitais foram registrados

imediatamente antes de cada avaliação, a fim de garantir a consistência do estado hemodinâmico durante os exames. Todas as avaliações foram realizadas com monitorização de ECG simultânea. Os avaliadores foram cegados quanto aos resultados dos outros para minimizar vieses.

Parâmetros ultrassonográficos

Foram avaliados os seguintes parâmetros-chave, comumente utilizados na análise da congestão pulmonar, hemodinâmica e venosa sistêmica:

- UP: avaliação de linhas B em oito zonas pulmonares.
- PEVE: mensuração das razões E/A e E/e' na janela apical de quatro câmaras.
- VCI: mensuração do diâmetro e do índice de colapsabilidade.
- Doppler venoso portal e hepático: análise dos padrões de fluxo venoso hepático e portal por meio do Doppler pulsado (PWD).
- VExUSm: graduação do escore VExUS através dos achados dos fluxos venosos hepático e portal.

Avaliação da congestão hemodinâmica

O objetivo da avaliação hemodinâmica foi detectar o aumento da PEVE. A partir da janela apical de quatro câmaras, o padrão de fluxo mitral foi avaliado utilizando PWD na ponta dos folhetos da valva mitral. A razão E/A foi categorizada em três graus: grau 1 ($E/A \leq 0,8$ e velocidade da onda E ≤ 50 cm/s), considerado normal; grau 3 ($E/A \geq 2$), indicativo de PEVE elevada; e grau 2 ($E/A \leq 0,8$ com velocidade da onda E > 50 cm/s, ou E/A entre 0,8 e 2), classificado como indeterminado. Nos casos com razão E/A de grau 2, a razão E/e' septal foi utilizada para diferenciar entre PEVE normal e elevada.¹³

Na mesma janela apical de quatro câmaras, com angulação para alinhar-se ao septo interventricular, a velocidade da onda e' medial foi medida no anel mitral utilizando PWD após a aplicação do Doppler tecidual (TDI).¹⁴ A e' medial foi escolhida por sua viabilidade técnica e pelo fato de a maior parte dos dados publicados sobre a razão E/e' basearem-se nessa medida. Ela é considerada o parâmetro mais confiável para estimar a PEVE.¹⁵ A PEVE elevada foi definida como E/e' medial > 15 em ritmo sinusal ou > 11 em fibrilação atrial (Figura 1).¹⁶

Avaliação da congestão pulmonar

A parede torácica foi dividida em oito zonas, sendo realizado um escaneamento para cada zona. O transdutor cardíaco foi posicionado perpendicularmente aos arcos costais, ao longo dos espaços intercostais, com profundidade ajustada entre aproximadamente 12 e 18 cm, conforme o biótipo do paciente.¹⁷ Cada zona (duas anteriores e duas laterais por hemitórax) foi avaliada de forma independente. Uma zona foi considerada positiva quando três ou mais linhas B estavam presentes, e a congestão pulmonar foi assumida quando duas ou mais zonas apresentaram resultado positivo (Figura 2).⁶

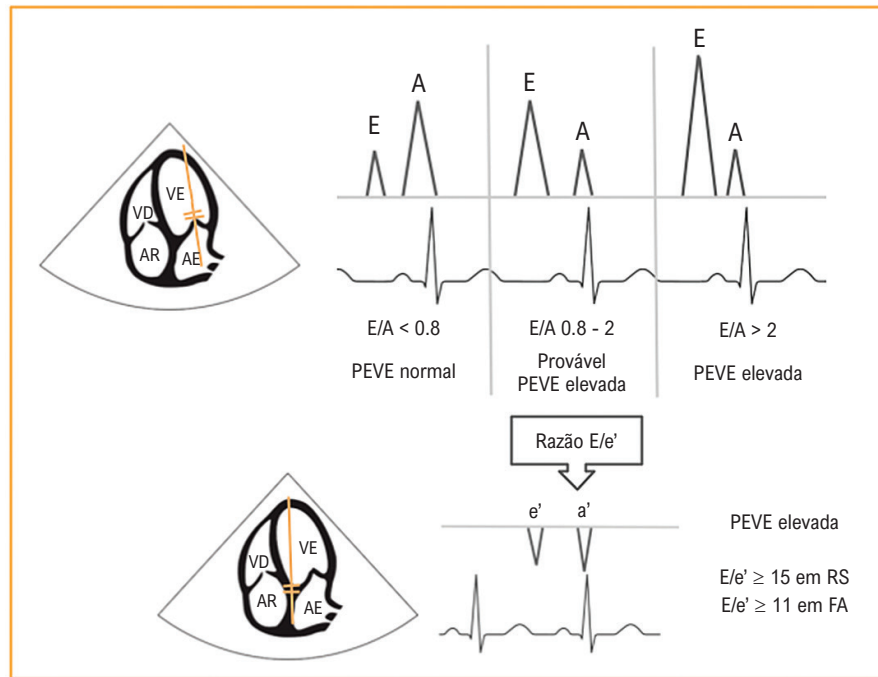


Figura 1 – O objetivo da avaliação hemodinâmica é identificar o aumento da PEVE. A razão E/A é categorizada em três graus, refletindo diferentes níveis de PEVE. Pacientes com razão E/A de grau 1 são considerados com PEVE normal, enquanto aqueles com razão E/A de grau 3 (padrão restritivo) apresentam PEVE elevada. Para pacientes com razão E/A de grau 2, utiliza-se a razão E/e' septal para diferenciar entre PEVE normal e elevada. PE: pressões de enchimento; PEVE: pressões de enchimento ventricular esquerdo; AE: átrio esquerdo; AD: átrio direito; FA: fibrilação atrial; RS: ritmo sinusal; VE: ventrículo esquerdo; VD: ventrículo direito.

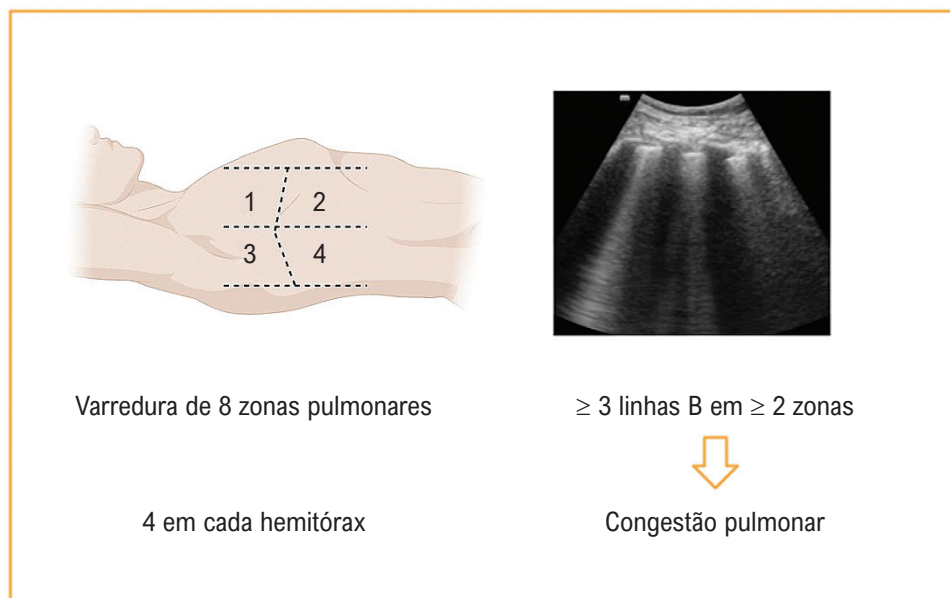


Figura 2 – Para a avaliação da congestão pulmonar, a parede torácica é dividida em oito zonas, sendo obtido um escaneamento para cada zona. Cada zona (duas anteriores e duas laterais por hemitórax) é avaliada de forma independente. A zona é considerada positiva se houver três ou mais linhas B, e a congestão pulmonar é assumida quando duas ou mais zonas forem positivas.

Artigo Original

Avaliação da congestão venosa periférica

A etapa final incluiu a avaliação da VCI quanto ao diâmetro e colapsibilidade, juntamente com a análise dos fluxos venosos hepático e portal por meio do PWD.

A VCI foi avaliada pela janela subcostal, aproximadamente 1 cm caudal à sua junção com a VH, com o objetivo de estimar a pressão venosa central (PVC). A PVC foi inferida com base no diâmetro da VCI e na sua variabilidade inspiratória: uma PVC normal, de aproximadamente 3 mmHg, foi sugerida quando o diâmetro da VCI era $\leq 2,1$ cm e a colapsibilidade era $\geq 50\%$; por outro lado, um diâmetro da VCI $> 2,1$ cm com colapsibilidade $< 50\%$ correspondeu a uma PVC de aproximadamente 15 mmHg. Uma PVC intermediária, em torno de 8 mmHg, foi atribuída quando apenas um dos dois critérios estava presente.¹⁸

Quando o diâmetro da VCI era ≥ 2 cm, foi realizada uma avaliação modificada do escore VExUS, utilizando o Doppler nas VH e VP. O PWD foi utilizado na VH para avaliar os padrões de fluxo, classificados da seguinte forma: grau 1 (normal), quando a onda sistólica (S) era maior que a onda diastólica (D); grau 2 (congestão leve), quando a onda S era menor que a onda D; e grau 3 (congestão grave), quando havia inversão da onda S. O fluxo da VP também foi avaliado por PWD e classificado em três graus: grau 1 (normal), se não pulsátil e com variabilidade entre as velocidades máxima e mínima $< 30\%$; grau 2 (congestão leve), se o índice de pulsatilidade estivesse entre 30–50%; e grau 3 (congestão grave), se o índice de pulsatilidade fosse $\geq 50\%$.¹¹

A gravidade da congestão venosa pelo escore VExUSm foi classificada em quatro graus, com base no diâmetro da VCI e nos achados do PWD. Uma VCI não dilatada (< 2 cm) indicava ausência de congestão venosa significativa (grau 0). Um diâmetro da VCI ≥ 2 cm com fluxo venoso hepático ou portal normal ou levemente alterado correspondia a congestão leve (grau 1). Uma VCI pletórica associada a um padrão de fluxo venoso gravemente alterado (inversão da onda S na VH ou índice de pulsatilidade $\geq 50\%$ na VP) definia congestão moderada (grau 2). A congestão grave (grau 3) era diagnosticada quando padrões de fluxo gravemente alterados estavam presentes simultaneamente nas VH e VP (Figura 3).¹⁹

Avaliação da IRR

Três avaliadores treinados, cegados quanto às avaliações uns dos outros, realizaram independentemente os exames de POCUS em tempo real para avaliar a IRR. Todos os avaliadores haviam recebido treinamento padronizado, composto por uma sessão teórico-prática de 4 horas, seguida por um período supervisionado de um mês na UTIC. Durante esse período, cada residente de cardiologia realizou pelo menos 50 exames de ultrassonografia. Os exames não foram gravados, eliminando assim vies retrospectivo e garantindo que a IRR refletisse a prática clínica real.

Classificação da dificuldade

Para caracterizar melhor a aplicabilidade prática do protocolo de ultrassonografia, cada avaliador classificou a dificuldade da avaliação de cada paciente como fácil,

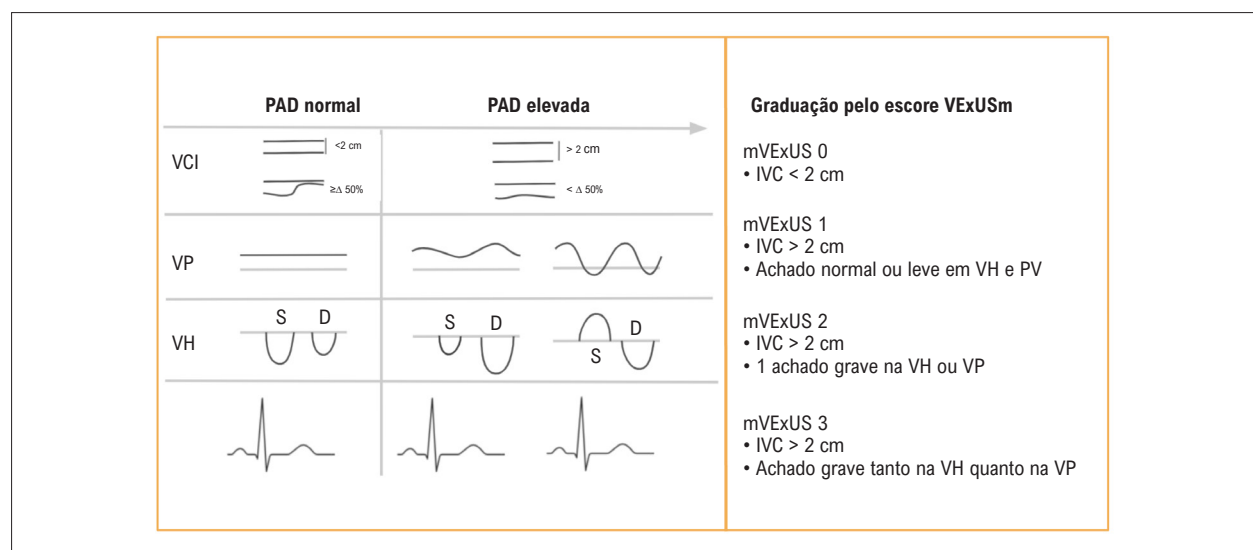


Figura 3 – A congestão venosa pelo escore VExUSm é classificada em quatro graus com base na avaliação da VCI e nos achados do Doppler pulsado. Uma VCI não dilatada (< 2 cm) indica ausência de congestão venosa significativa (grau 0). Quando a VCI é ≥ 2 cm com achados normais ou levemente alterados no Doppler da VH ou da VP, considera-se congestão leve (grau 1). Uma VCI pletórica associada a um padrão gravemente alterado (reversão da onda S na VH ou índice de pulsatilidade $\geq 50\%$ na VP) define congestão moderada (grau 2). A congestão grave (grau 3) é indicada pela presença de padrões de fluxo gravemente alterados em ambas as veias — hepática e porta. VExUSm: Escore Ultrassonográfico de congestão venosa modificado; VH: veia hepática; VP: veia porta; VCI: veia cava inferior; PAD: pressão atrial direita.

moderada ou difícil. Uma avaliação “fácil” foi definida pela obtenção de imagens claras e interpretação direta; uma avaliação “moderada” exigiu esforço e interpretação intermediários; e uma avaliação “difícil” envolveu desafios significativos na aquisição ou interpretação das imagens. Essa avaliação subjetiva forneceu informações adicionais sobre a viabilidade da implementação do protocolo em diferentes anatomias e condições clínicas dos pacientes.

Análise estatística

O cálculo do tamanho amostral foi realizado considerando um coeficiente de correlação intraclass (ICC) mínimo aceitável de 0,65 e um ICC esperado de 0,90. Com três avaliadores por paciente, uma amostra de 23 pacientes forneceu um poder estatístico de 90% com nível de significância de 0,01. Variáveis contínuas foram expressas como média (desvio-padrão [DP]) ou mediana (intervalo interquartil [IIQ]), de acordo com a normalidade da distribuição avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. Variáveis categóricas foram apresentadas em frequências absolutas e relativas. Os ICCs foram calculados utilizando um modelo de efeitos mistos bidirecional para avaliar o grau de concordância entre os três avaliadores, tanto para variáveis contínuas quanto ordinais. A IRR foi classificada como fraca (<0,50), moderada (0,50-0,75), boa (0,75-0,90) ou excelente (>0,90). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SPSS Statistics para macOS, versão 29.0 (IBM Corp., Armonk, NY, EUA), com nível de significância estabelecido em 0,05 (bicaudal).

Resultados

Entre janeiro e junho de 2023, 23 pacientes foram incluídos no estudo. Cada paciente foi submetido a três avaliações independentes por POCUS, totalizando 69 exames ultrassonográficos avaliados quanto à IRR. A idade mediana foi de 65 anos (IIQ: 53-70), e 60,9% dos participantes eram do sexo masculino. A maioria das internações na UTIC ocorreu por ICD (65%), seguida por infarto agudo do miocárdio com supradesnívelamento do segmento ST (IAMCSST) (17%). Vasodilatadores parenterais foram utilizados em 43,5% dos pacientes, inotrópicos em 21,7% e vasopressores em 13%.

Quanto à função cardíaca, 17,4% dos pacientes apresentavam fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) preservada, enquanto 82,6% apresentavam FEVE reduzida ($\leq 50\%$). A etiologia da IC foi classificada como isquêmica em 39,1%, não isquêmica em 30,4% e valvar devido à estenose aórtica grave em 8,7%. A mediana da FEVE foi de 33,5% (IIQ: 21,7-46,2). Durante os exames de ultrassom, 9% dos pacientes estavam em fibrilação atrial, 13% apresentavam bloqueio de ramo esquerdo, e 17,4% possuíam cardiodesfibrilador implantável. Regurgitação mitral grave ou moderada foi observada em 43,5% dos pacientes, e regurgitação tricúspide grave ou moderada em 39,1%.

Uma descrição detalhada das características demográficas e clínicas da população do estudo está apresentada na Tabela 1, enquanto a Tabela 1 do apêndice e a Tabela 2 do apêndice resumem as medidas obtidas por POCUS.

Tabela 1 – Características clínicas da amostra

Variável	Total (n = 23)
Idade, anos	65 (53-70)
Sexo masculino (n, %)	14 (60,9%)
Tabagismo	
Tabagista ativo (n, %)	2 (8,7%)
Ex-tabagista (n, %)	7 (30,4%)
Etiologia da IC	
Fração de ejeção preservada (n, %)	4 (17,4%)
Isquêmica (n, %)	9 (39,1%)
Não isquêmica (n, %)	7 (30,4%)
Estenose aórtica (n, %)	2 (8,7%)
Infarto agudo do miocárdio prévio (n, %)	13 (56,5%)
Cardiodesfibrilador implantável (n, %)	4 (17,4%)
Fibrilação atrial (n, %)	2 (8,7%)
Bloqueio de ramo esquerdo (n, %)	3 (13%)
FEVE, %	33,5 (21,7-46,2)
Insuficiência mitral grave ou moderada (n, %)	10 (43,5%)
Insuficiência tricúspide grave ou moderada (n, %)	9 (39,1%)
Diagnóstico na admissão	
ICD (n, %)	15 (65,3%)
IAMCSST (n, %)	4 (17,4%)
Angina instável (n, %)	1 (4,3%)
Choque cardiogênico (n, %)	1 (4,3%)
Bloqueio atrioventricular completo (n, %)	1 (4,3%)
Pós-angioplastia coronariana percutânea (n, %)	1 (4,3%)
Medicamentos parenterais	
Vasopressor (n, %)	3 (13%)
Venodilatador (n, %)	10 (43,5%)
Inotrópico (n, %)	5 (21,7%)
Creatinina, mg/dl	2 (1,2-2,6%)
Peptídeo natriurético tipo B, pg/ml	1375 (218,5-2668,5)

Os resultados estão expressos como n (%) ou mediana (intervalo interquartilico). IC: insuficiência cardíaca; ICD: IC descompensada; IAMCSST: infarto agudo do miocárdio com supradesnívelamento do segmento ST; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo.

Artigo Original

IRR

Em relação à IRR das medidas ultrassonográficas, foi observada concordância excelente para a avaliação das zonas pulmonares positivas (ICC: 0,903; IC 95%: 0,818-0,954; $p < 0,001$) e para as mensurações da VCI (ICC: 0,903; IC 95%: 0,820-0,954; $p < 0,001$), indicando avaliações consistentes para a análise da congestão pulmonar e estimativa da PVC.

Análises subsequentes dos componentes da congestão venosa — incluindo fluxo na VH, fluxo na VP e graduação pelo escore VExUSm — também demonstraram concordância substancial. A avaliação do fluxo na VH apresentou um ICC de 0,808 (IC 95%: 0,662-0,906; $p < 0,001$), enquanto a avaliação do fluxo na VP apresentou ICC de 0,796 (IC 95%: 0,641-0,899; $p < 0,001$). A graduação pelo escore VExUSm, que reflete uma avaliação integrada da congestão venosa, demonstrou a mais alta IRR, com ICC de 0,957 (IC 95%: 0,914-0,981; $p < 0,001$) (Tabela 2).

Avaliações adicionais dos parâmetros de congestão hemodinâmica revelaram níveis variados de concordância. A onda E apresentou consistência excelente, com ICC de 0,934 (IC 95%: 0,873-0,969; $p < 0,001$). Em contraste, a onda A e a velocidade da onda e' septal demonstraram concordâncias mais baixas, com ICCs de 0,512 (IC 95%: 0,176-0,799; $p < 0,001$) e 0,399 (IC 95%: 0,146-0,650; $p < 0,001$), respectivamente. Apesar da menor reprodutibilidade das medidas isoladas da e', a razão E/e' apresentou concordância moderada (ICC: 0,662; IC 95%: 0,449-0,824; $p < 0,001$). A classificação global da razão E/A apresentou boa concordância, com ICC de 0,852 (IC 95%: 0,731-0,928; $p < 0,001$) (Tabela 2). Avaliamos adicionalmente a IRR da integral de velocidade da via de saída do ventrículo esquerdo (VTI VSVE), que apesar de não fazer parte da avaliação de congestão, tem sido muito utilizada em ambiente de UTI como análogo ao débito cardíaco e sua reprodutibilidade foi considerada boa, com ICC de 0,820 (IC 95%: 0,680-0,912; $p < 0,001$).

A duração mediana dos exames foi de 10,0 minutos (IIQ: 8,0-12,0), refletindo a eficiência do protocolo e destacando sua aplicabilidade prática em contextos clínicos nos quais avaliações oportunas são essenciais. Essa duração concisa reforça a viabilidade de integrar o protocolo à rotina assistencial sem causar impacto significativo no fluxo de trabalho.

De modo geral, os valores de ICC para a maioria dos parâmetros indicaram boa a excelente concordância entre os avaliadores, confirmando a reprodutibilidade do protocolo para aplicação clínica. Um resumo completo dos valores de ICC para todos os parâmetros avaliados encontra-se na Tabela 2 do apêndice.

Avaliação da dificuldade

As classificações de dificuldade atribuídas pelos avaliadores foram variadas, sendo a maioria das avaliações considerada fácil (50,7%), o que indica que o protocolo é, em geral, de fácil execução. Adicionalmente, 36,2% das avaliações foram classificadas como de dificuldade moderada, sugerindo que o protocolo é manejável na maior parte dos casos. Apenas 10,1% foram classificadas como difíceis, o que demonstra que o protocolo de ultrassonografia hemodinâmica, pulmonar e

Tabela 2 – Confiabilidade interavaliadores para cada parâmetro de ultrassonografia à beira do leito

Variável	ICC	IC 95%	Valor p
Zonas pulmonares positivas	0,903	0,818-0,954	<0,001
VCI	0,903	0,820-0,954	<0,001
Estimativa da PVC	0,955	0,817-0,954	<0,001
Onda E	0,934	0,873-0,969	<0,001
Onda A	0,512	0,176-0,799	<0,001
Onda e' septal	0,399	0,146-0,650	<0,001
Razão E/A	0,852	0,731-0,928	<0,001
Razão E/e'	0,662	0,449-0,824	<0,001
Doppler da VH	0,808	0,662-0,906	<0,001
Doppler da VP	0,796	0,641-0,899	<0,001
Graduação pelo escore VExUSm	0,957	0,914-0,981	<0,001
VTI VSVE	0,820	0,680-0,912	<0,001
Classificação da dificuldade	0,298	0,030-0,584	0,014

ICC: coeficiente de correlação intraclasse; IC: intervalo de confiança; PVC: pressão venosa central; VExUSm: escore de Venous Excess Ultrasound modificado; VTI VSVE: integral de velocidade da via de saída do ventrículo esquerdo; VCI: veia cava inferior; VH: veia hepática; VP: veia porta.

periférica se mantém como uma ferramenta confiável mesmo em condições subótimas de imagem. Esses achados reforçam sua aplicabilidade prática e sugerem que o protocolo pode ser implementado de forma eficaz em diferentes contextos clínicos, mesmo na ausência de janelas acústicas ideais.

Discussão

Os resultados deste estudo destacam a alta IRR do protocolo de ultrassonografia proposto em seus diferentes componentes, com a maioria dos ICCs variando entre bons e excelentes. Além disso, os achados confirmam a viabilidade da implementação de um protocolo inovador para avaliação hemodinâmica à beira do leito, em UTIC. Os altos valores de ICC nas avaliações das zonas pulmonares positivas indicam excelente reprodutibilidade na análise da congestão pulmonar, em concordância com estudos prévios que demonstraram concordância substancial entre avaliadores após treinamentos de curta duração.²⁰⁻²²

O diâmetro e a colapsibilidade da VCI também apresentaram excelente reprodutibilidade, refletindo concordância consistente na estimativa da PVC como baixa, normal ou elevada. No entanto, é amplamente reconhecido que a acurácia das medidas da VCI para estimativa da PVC é maior nos extremos do estado volêmico e menos confiável

em valores intermediários. Além disso, a precisão pode ser comprometida em pacientes com comorbidades, como doenças pulmonares ou hepáticas, obesidade ou em uso de ventilação com pressão positiva, o que reduz sua utilidade clínica nesses cenários.^{23,24}

A avaliação da congestão venosa periférica por meio do escore VExUS é valiosa porque, além de identificar congestão sistêmica e prever SRC, tem excelente acurácia para prever PVC > 12 mmHg.²⁴ Embora a avaliação isolada dos fluxos nas VH e VP tenha apresentado boa concordância, a graduação pelo escore VExUSm demonstrou concordância ainda melhor. Nossos resultados indicam que, embora os avaliadores nem sempre tenham concordado quanto à classificação de padrões específicos de fluxo hepático ou portal, a graduação final do VExUSm apresentou excelente concordância. Isso sugere que, para a graduação pelo VExUSm, o fator mais crítico é a identificação de padrões gravemente alterados que mudam a categoria de congestão.

Ao comparar nossos achados com os de estudos anteriores que avaliaram a concordância do escore VExUS, observa-se que os dados disponíveis ainda são relativamente escassos. Um estudo relatou um ICC de 0,83 ($p < 0,001$) para a graduação global do VExUS, indicando concordância substancial entre os avaliadores. Para os componentes individuais do VExUS, os ICCs foram de 0,71 ($p < 0,001$) para a VH, 0,74 ($p < 0,001$) para a VP e 0,48 ($p < 0,001$) para a veia renal, refletindo uma variação de concordância de fraca a moderada.²⁵ Além disso, outro estudo relatou boa reprodutibilidade para a avaliação da fração de pulsatilidade portal por ECG transtorácico, com uma diferença média de 5,6% entre medidas repetidas e um ICC de 0,824 ($p < 0,001$).²⁶ Esse achado está de acordo com nossos resultados e reforça a robustez da avaliação da VP. Em nosso estudo, observou-se padrão semelhante, com concordância ainda mais elevada para as VH e porta. Essa melhora pode ser atribuída ao uso sistemático do traçado de ECG durante todos os exames, prática previamente associada a maior concordância.²⁵ Devido à baixa concordância previamente relatada e ao tempo prolongado exigido para a avaliação da veia renal,²⁵ esse componente foi excluído de nosso protocolo, com o objetivo de torná-lo mais ágil e de melhorar a reprodutibilidade. Essa decisão é reforçada por evidências de que um escore VExUSm sem o Doppler da veia renal já foi validado em pacientes com SRC internados em unidade de terapia intensiva, em estudo prospectivo de centro único.²⁷

Na avaliação da congestão hemodinâmica, os menores valores de ICC observados para a onda A e para as medidas da e' podem ser atribuídos a desafios como taquicardia e à prevalência de arritmias durante o estudo, fatores que afetam a consistência das medidas relacionadas à contração atrial e às velocidades diastólicas iniciais no anel mitral septal. Embora a velocidade da onda e' obtida por TDI seja geralmente mais robusta do que a avaliação do fluxo transmitral, ela ainda apresenta limitações, especialmente em pacientes com disfunção miocárdica regional.^{13,28} Inconsistências nas medições também podem decorrer do posicionamento do transdutor de ultrassom, caso este não esteja perfeitamente alinhado de forma paralela ao septo interventricular na posição supina. A inclusão exclusiva de pacientes com IC e FEVE

reduzida poderia, potencialmente, melhorar o desempenho e a reprodutibilidade das medidas da e' .²⁹

A classificação global da razão E/A demonstrou boa concordância, com ICC de 0,852 (IC 95%: 0,731-0,928; $p < 0,001$), enquanto a avaliação da razão E/ e' apresentou concordância moderada (ICC: 0,662; IC 95%: 0,449-0,824; $p < 0,001$). Embora as razões E/A e E/ e' sejam amplamente utilizadas na avaliação da função diastólica em exames de ecocardiograma e tenham sido propostas para aplicação à beira do leito, seu uso por não ecocardiografistas na prática clínica ainda não foi amplamente investigado.^{15,30,14}

Pontos fortes e limitações

Este estudo de centro único, com tamanho amostral relativamente pequeno, pode limitar a generalização dos resultados e a sensibilidade para detectar variações sutis. A dependência do operador pode afetar a reprodutibilidade em cenários com menor experiência; no entanto, os altos valores de ICC observados sugerem que o treinamento adequado mitiga essa limitação. O rigor metodológico foi mantido por meio de avaliações em tempo real, cegadas e realizadas por investigadores treinados, com integração do traçado de ECG, o que minimizou os vieses comumente associados a análises retrospectivas ou baseadas em gravações. Esses pontos fortes reforçam a robustez e a aplicabilidade clínica das variáveis de POCUS avaliadas.

Conclusão

Este estudo demonstra que as variáveis de POCUS utilizadas na avaliação da congestão hemodinâmica, pulmonar e venosa periférica apresentam alta IRR entre seus diferentes componentes. Observou-se elevada reprodutibilidade para as zonas pulmonares positivas, parâmetros de PEVE, medidas da VCI e graduação pelo escore VExUSm. A reprodutibilidade da UP e do escore VExUSm foi superior à dos parâmetros de PEVE, sugerindo que esses métodos podem oferecer maior consistência do que medidas tradicionais, como a razão E/ e' .

Agradecimentos

Agradecemos à equipe da UTIC do HCPA pelo valioso apoio na viabilização deste estudo. Reconhecemos também o suporte logístico e administrativo fornecido pela coordenação da pós-graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Por fim, agradecemos a todos os pacientes e seus familiares que consentiram em participar e tornaram este estudo viável.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Saadi MP, Machado GP, Silvano GP, Telo G, Silveira AD; obtenção de dados: Saadi MP, Silvano GP, Barbato JPR, Almeida RF; análise e interpretação dos dados: Saadi MP, Machado GP, Silvano GP, Telo G; análise estatística: Saadi MP, Machado GP, Silvano GP; redação do manuscrito: Saadi MP, Silvano GP; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Saadi MP, Scolari FL, Telo G, Silveira AD.

Artigo Original

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Este artigo é parte de tese de Doutorado de Marina Petersen Saadi pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Hospital de Clínicas de Porto Alegre sob o número de protocolo

6.468.353. Todos os procedimentos envolvidos nesse estudo estão de acordo com a Declaração de Helsinki de 1975, atualizada em 2013. O consentimento informado foi obtido de todos os participantes incluídos no estudo.

Uso de Inteligência Artificial

Os autores não utilizaram ferramentas de inteligência artificial no desenvolvimento deste trabalho.

Disponibilidade de Dados

Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo está disponível mediante solicitação ao autor correspondente.

Referências

1. 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;42(36):3599-726. doi: 10.1093/eurheartj/ehab368.
2. Koratala A, Ronco C, Kazory A. Diagnosis of Fluid Overload: From Conventional to Contemporary Concepts. *Cardiorenal Med*. 2022;12(4):141-54. doi: 10.1159/000526902.
3. Price S, Platz E, Cullen L, Tavazzi G, Christ M, Cowie MR, et al. Expert Consensus Document: Echocardiography and Lung Ultrasonography for the Assessment and Management of Acute Heart Failure. *Nat Rev Cardiol*. 2017;14(7):427-40. doi: 10.1038/nrcardio.2017.56.
4. Platz E, Jhund PS, Giererd N, Pivetta E, McMurray JJV, Peacock WF, et al. Expert Consensus Document: Reporting Checklist for Quantification of Pulmonary Congestion by Lung Ultrasound in Heart Failure. *Eur J Heart Fail*. 2019;21(7):844-51. doi: 10.1002/ehfj.1499.
5. 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/ehfj.1379.
6. Gargani L, Giererd 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.
7. 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.
8. Öhman J, Harjola VP, Karjalainen P, Lassus J. Focused Echocardiography and Lung Ultrasound Protocol for Guiding Treatment in Acute Heart Failure. *ESC Heart Fail*. 2018;5(1):120-8. doi: 10.1002/ehf2.12208.
9. Nagueh SF. Non-Invasive Assessment of Left Ventricular Filling Pressure. *Eur J Heart Fail*. 2018;20(1):38-48. doi: 10.1002/ehfj.971.
10. Beaubien-Souligny W, Benkreira A, Robillard P, Bouabdallaoui N, Chassé M, Desjardins G, et al. Alterations in Portal Vein Flow and Intrarenal Venous Flow are Associated with Acute Kidney Injury after Cardiac Surgery: A Prospective Observational Cohort Study. *J Am Heart Assoc*. 2018;7(19):e009961. doi: 10.1161/JAHA.118.009961.
11. Beaubien-Souligny W, Rola P, Haycock K, Bouchard J, Lamarche Y, Spiegel R, et al. Quantifying Systemic Congestion with Point-Of-Care Ultrasound: Development of the Venous Excess Ultrasound Grading System. *Ultrasound J*. 2020;12(1):16. doi: 10.1186/s13089-020-00163-w.
12. Öhman J, Harjola VP, Karjalainen P, Lassus J. Rapid Cardiothoracic Ultrasound Protocol for Diagnosis of Acute Heart Failure in the Emergency Department. *Eur J Emerg Med*. 2019;26(2):112-7. doi: 10.1097/MEJ.0000000000000499.
13. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, Byrd BF 3rd, Dokainish H, Edvardsen T, et al. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2016;29(4):277-314. doi: 10.1016/j.echo.2016.01.011.
14. Popescu BA, Beladan CC, Nagueh SF, Smiseth OA. How to Assess Left Ventricular Filling Pressures by Echocardiography in Clinical Practice. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2022;23(9):1127-9. doi: 10.1093/ehjci/jeac123.
15. Ommen SR, Nishimura RA, Appleton CP, Miller FA, Oh JK, Redfield MM, et al. Clinical Utility of Doppler Echocardiography and Tissue Doppler Imaging in the Estimation of Left Ventricular Filling Pressures: A Comparative Simultaneous Doppler-Catheterization Study. *Circulation*. 2000;102(15):1788-94. doi: 10.1161/01.cir.102.15.1788.
16. Sohn DW, Song JM, Zo JH, Chai IH, Kim HS, Chun HG, et al. Mitral Annulus Velocity in the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function in Atrial Fibrillation. *J Am Soc Echocardiogr*. 1999;12(11):927-31. doi: 10.1016/s0894-7317(99)70145-8.
17. Duggan NM, Goldsmith AJ, Saud AAA, Ma IWY, Shokoohi H, Liteplo AS. Optimizing Lung Ultrasound: The Effect of Depth, Gain and Focal Position on Sonographic B-Lines. *Ultrasound Med Biol*. 2022;48(8):1509-17. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2022.03.015.
18. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, et al. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults: A Report from the American Society of Echocardiography Endorsed by the European Association of Echocardiography, a Registered Branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(7):685-713. doi: 10.1016/j.echo.2010.05.010.
19. Koratala A, Reisinger N. Venous Excess Doppler Ultrasound for the Nephrologist: Pearls and Pitfalls. *Kidney Med*. 2022;4(7):100482. doi: 10.1016/j.xkme.2022.100482.
20. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med*. 2016;15(2):155-63. doi: 10.1016/j.jcm.2016.02.012.

21. Gullett J, Donnelly JP, Sinert R, Hosek B, Fuller D, Hill H, et al. Interobserver Agreement in the Evaluation of B-Lines Using Bedside Ultrasound. *J Crit Care*. 2015;30(6):1395-9. doi: 10.1016/j.jcrc.2015.08.021.
22. Imanishi J, Iwasaki M, Ujiro S, Nakano T, Yamashita T, Eto H, et al. Accuracy of Lung Ultrasound Examinations of Residual Congestion Performed by Novice Residents in Patients with Acute Heart Failure. *Int J Cardiol*. 2024;395:131446. doi: 10.1016/j.ijcard.2023.131446.
23. Stassen J, Falter M, Herbots L, Timmermans P, Dendale P, Verwerft J. Assessment of Venous Congestion Using Vascular Ultrasound. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2023;16(3):426-31. doi: 10.1016/j.jcmg.2022.12.028.
24. Longino A, Martin K, Leyba K, Siegel G, Gill E, Douglas IS, et al. Correlation between the VExUS Score and Right Atrial Pressure: A Pilot Prospective Observational Study. *Crit Care*. 2023;27(1):205. doi: 10.1186/s13054-023-04471-0.
25. Longino AA, Martin KC, Leyba KR, Siegel G, Sharma VM, Riscinti M, et al. Reliability and Reproducibility of the Venous Excess Ultrasound (VExUS) Score, a Multi-Site Prospective Study Validating a Novel Ultrasound Technique for Comprehensive Assessment of Volume Status. *Research Square*. 2024. doi: 10.21203/rs.3.rs-3993434/v1.
26. Eljaiek R, Cavayas YA, Rodrigue E, Desjardins G, Lamarche Y, Toupin F, et al. High Postoperative Portal Venous Flow Pulsatility Indicates Right Ventricular Dysfunction and Predicts Complications in Cardiac Surgery Patients. *Br J Anaesth*. 2019;122(2):206-14. doi: 10.1016/j.bja.2018.09.028.
27. Bhardwaj V, Vikneswaran G, Rola P, Raju S, Bhat RS, Jayakumar A, et al. Combination of Inferior Vena Cava Diameter, Hepatic Venous Flow, and Portal Vein Pulsatility Index: Venous Excess Ultrasound Score (VEXUS Score) in Predicting Acute Kidney Injury in Patients with Cardiorenal Syndrome: A Prospective Cohort Study. *Indian J Crit Care Med*. 2020;24(9):783-9. doi: 10.5005/jp-journals-10071-23570.
28. Sunderji I, Singh V, Fraser AG. When does the E/e' Index Not Work? The Pitfalls of Oversimplifying Diastolic Function. *Echocardiography*. 2020;37(11):1897-907. doi: 10.1111/echo.14697.
29. Robinson S, Ring L, Oxborough D, Harkness A, Bennett S, Rana B, et al. The Assessment of Left Ventricular Diastolic Function: Guidance and Recommendations from the British Society of Echocardiography. *Echo Res Pract*. 2024;11(1):16. doi: 10.1186/s44156-024-00051-2.
30. Koratala A, Kazory A. Point of Care Ultrasonography for Objective Assessment of Heart Failure: Integration of Cardiac, Vascular, and Extravascular Determinants of Volume Status. *Cardiorenal Med*. 2021;11(1):5-17. doi: 10.1159/000510732.

***Material suplementar**

Para informação adicional, por favor, clique aqui.



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