

Correlação Entre o Venous Excess *Ultrasound* e os Níveis de Fragmento N-terminal do Pró-Peptídeo Natriurético Tipo B em Pacientes Com Insuficiência Cardíaca Agudamente Descompensada

Correlation Between Venous Excess Ultrasound and N-Terminal Pro-B-Type Natriuretic Peptide Levels in Patients With Acute Decompensated Heart Failure

Marcella Pereira Flores,^{1,2} Alexandre Costa Souza,^{1,2} Marcus Vinicius Silva Freire de Carvalho,^{1,2} Rodrigo Morel Vieira de Melo,^{1,2} Lívia Rodrigues Sampaio Cavalcante,^{1,2} Natália Duarte Barroso,^{1,2} Yuri Xavier de Carvalho,^{1,2} Raisal Mainarte Franco Barros,^{1,2} Clara Talita Silva Lobo,^{1,2} Adriano Chaves de Almeida Filho,^{1,2}

Hospital São Rafael,¹ Salvador, BA – Brasil

Instituto D'Or de Pesquisa e Ensino,² Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Resumo

Fundamento: O escore *Venous Excess Ultrasound* (VExUS) tem sido proposto como um método ultrassonográfico para avaliação da congestão venosa sistêmica em pacientes com insuficiência cardíaca aguda descompensada (ICAD). Entretanto, a relação entre o VExUS e o biomarcador fragmento N-terminal do pró-peptídeo natriurético tipo B (NT-proBNP) ainda não está claramente estabelecida na literatura.

Objetivos: Avaliar a correlação entre o escore VExUS e os níveis séricos de NT-proBNP em pacientes com ICAD.

Métodos: Estudo observacional retrospectivo que incluiu 117 pacientes hospitalizados por ICAD. A congestão venosa sistêmica foi avaliada por meio do escore VExUS, e os níveis séricos de NT-proBNP foram obtidos a partir de registros laboratoriais. A comparação entre os grupos foi realizada pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido do teste de Dunn para comparações múltiplas. A força de associação entre as variáveis foi analisada pelo coeficiente de correlação de Spearman.

Resultados: Houve aumento progressivo dos níveis de NT-proBNP conforme a gravidade do VExUS aumentava, com medianas de 2.890 pg/ml (VExUS 0), 4.700 pg/ml (VExUS 1), 5.430 pg/ml (VExUS 2) e 13.200 pg/ml (VExUS 3). A análise estatística demonstrou diferença significativa entre os grupos (Kruskal-Wallis: $\chi^2 = 39.18$; $p < 0.0001$). O teste de Dunn indicou que pacientes com VExUS 3 apresentaram níveis de NT-proBNP significativamente mais elevados em comparação aos demais grupos ($p < 0.01$). Observou-se correlação moderada e positiva entre as variáveis (coeficiente de Spearman $\rho = 0.567$; $p < 0.0001$).

Conclusão: Os resultados indicam que o escore VExUS apresenta associação com os níveis de NT-proBNP e pode ser integrado ao raciocínio clínico na avaliação da congestão venosa em pacientes com ICAD.

Palavras-chave: Insuficiência Cardíaca; Ultrassom; Pacientes Internados.

Abstract

Background: The *Venous Excess Ultrasound* (VExUS) score has been proposed as an ultrasonographic method for assessing systemic venous congestion in patients with acute decompensated heart failure (ADHF). However, the relationship between VExUS and the biomarker N-terminal pro-B-type natriuretic peptide (NT-proBNP) remains unclear in literature.

Objectives: To evaluate the correlation between the VExUS score and serum NT-proBNP levels in patients with ADHF.

Methods: This retrospective observational study included 117 patients hospitalized with ADHF. Systemic venous congestion was assessed using the VExUS score, and serum NT-proBNP levels were obtained from laboratory records. Comparisons between groups were performed using the Kruskal-Wallis test, followed by Dunn's test for multiple comparisons. The strength of association between variables was analyzed using Spearman's correlation coefficient.

Correspondência: Marcella Pereira Flores •

Hospital São Rafael. Avenida São Rafael, 2152. CEP: 41253-190. São Marcos, Salvador, BA – Brasil

E-mail: marcellapflavigne@gmail.com

Manuscrito recebido em 13/02/2026; revisado em 23/02/2026; aprovado em 23/02/2026

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

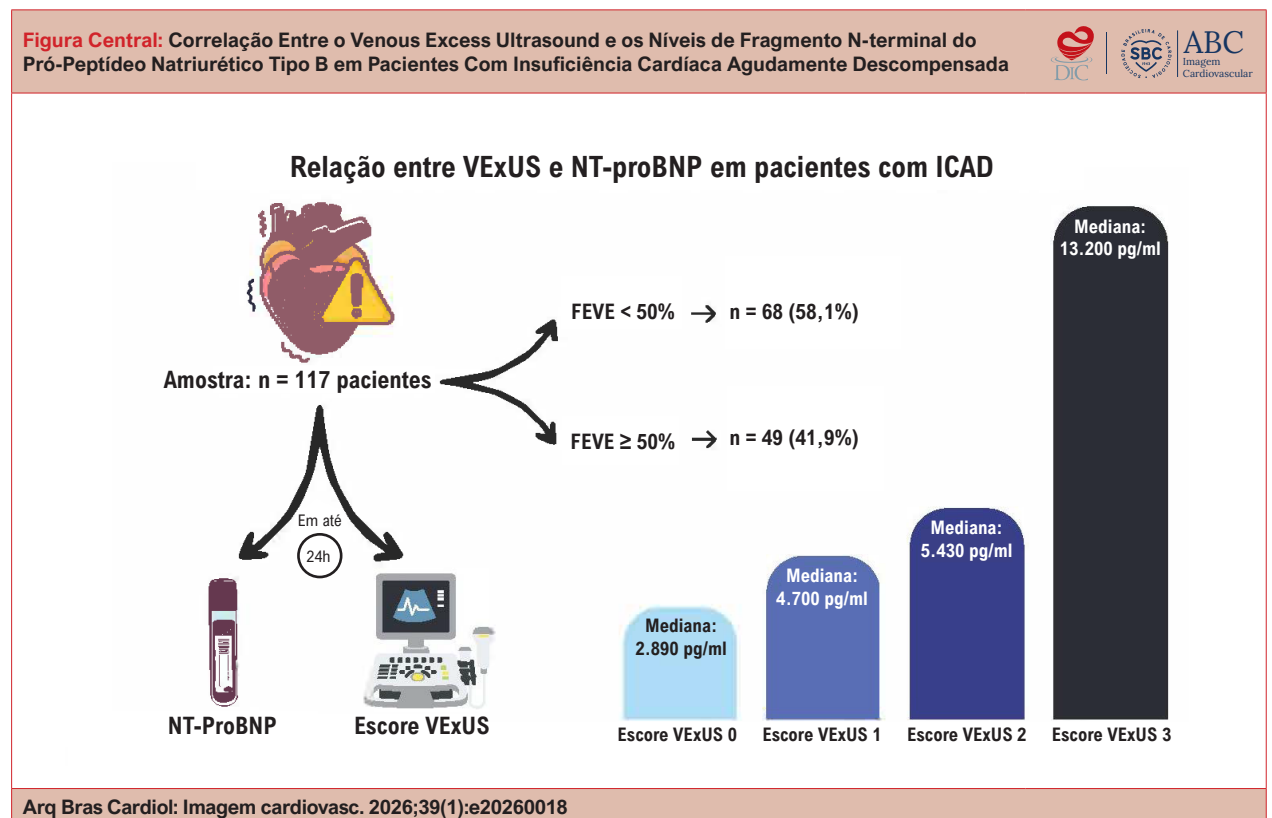
DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20260018>

Results: NT-proBNP levels increased progressively with increasing VExUS severity, with median values of 2,890 pg/mL (VExUS 0), 4,700 pg/mL (VExUS 1), 5,430 pg/mL (VExUS 2), and 13,200 pg/mL (VExUS 3). Statistical analysis demonstrated a significant difference between groups (Kruskal-Wallis: $\chi^2 = 39.18$; $p < 0.0001$). Dunn's test indicated that patients with VExUS 3 had significantly higher NT-proBNP levels compared with the other groups ($p < 0.01$). A moderate positive correlation was observed between the variables (Spearman's coefficient $\rho = 0.567$; $p < 0.0001$).

Conclusion: The results indicate that the VExUS score is associated with NT-proBNP levels and may be integrated into clinical reasoning when assessing venous congestion in patients with ADHF.

Keywords: Heart Failure; Ultrasonics; Inpatients.

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



Correlação Entre o Venous Excess Ultrasound e os Níveis de Peptídeo Natriurético Tipo B N-Terminal em Pacientes Com Insuficiência Cardíaca Agudamente Descompensada. FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; ICAD: insuficiência cardíaca agudamente descompensada; NT-proBNP: fragmento N-terminal do pró-peptídeo natriurético tipo B; VExUS: Venous Excess Ultrasound.

Introdução

A insuficiência cardíaca (IC) é uma condição altamente prevalente em todo o mundo, afetando mais de 64 milhões de pessoas e associada a impacto significativo na morbidade, na mortalidade e nos custos em saúde.¹ Nas últimas décadas, observou-se aumento contínuo tanto na incidência quanto na complexidade clínica da IC, acompanhado por maior número de hospitalizações e piores desfechos em diferentes populações.² A recorrência de hospitalizações após episódios de descompensação é frequente, ocorrendo em aproximadamente metade dos pacientes durante o seguimento inicial, o que amplia a demanda por acompanhamento especializado.³

O reconhecimento precoce de sinais de hipervolemia é fundamental no manejo da IC agudamente descompensada (ICAD), especialmente em serviços de emergência e em unidades cardiológicas de cuidados especializados. A identificação precisa da congestão permite intervenções terapêuticas oportunas, reduz o risco de deterioração hemodinâmica e está associada a melhores desfechos clínicos. No ambiente hospitalar, a avaliação sistemática do estado volêmico é determinante para orientar decisões relacionadas ao uso de diuréticos, ao ajuste de terapias guiadas por perfusão e à necessidade de suporte avançado, contribuindo para maior segurança e efetividade do tratamento.^{4,5}

Entre os exames complementares utilizados na avaliação da ICAD, o fragmento N-terminal do pró-peptídeo natriurético

tipo B (NT-proBNP) desempenha papel relevante na caracterização da congestão e na estratificação prognóstica. Níveis elevados desse biomarcador estão associados à maior gravidade clínica, ao aumento do risco de eventos adversos e à maior probabilidade de re-hospitalização, o que reforça sua utilidade no acompanhamento de pacientes durante a internação e no momento da alta.⁶

O ultrassom *point-of-care* (POCUS, em inglês) tem se destacado como ferramenta complementar na avaliação da congestão em pacientes com ICAD, pois permite a análise direta de estruturas venosas e fornece informações adicionais ao exame clínico e aos marcadores laboratoriais. Nesse contexto, o escore *Venous Excess Ultrasound* (VExUS) foi proposto como método estruturado para quantificar a congestão venosa sistêmica, integrando achados da veia cava inferior e dos padrões de fluxo venoso hepático, portal e renal.⁷ Estudos recentes demonstram que o VExUS pode auxiliar na identificação de congestão residual e contribuir para decisões terapêuticas durante a internação.⁸ Além disso, o POCUS apresenta concordância interobservador satisfatória na avaliação de parâmetros venosos, o que reforça sua utilidade em serviços de emergência e em unidades cardiológicas.⁸

Apesar dos avanços no uso do POCUS e da crescente aplicação do escore VExUS na avaliação da congestão venosa sistêmica, a relação entre esse método e marcadores laboratoriais amplamente utilizados na prática clínica, como o NT-proBNP, ainda é pouco explorada. A compreensão dessa possível associação pode contribuir para aprimorar a caracterização do estado volêmico em pacientes com ICAD. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a correlação entre o escore VExUS e os níveis séricos de NT-proBNP em pacientes internados por ICAD.

Métodos

Desenho do estudo e população

Estudo observacional de corte transversal conduzido com pacientes admitidos por ICAD. A amostra incluiu 117 pacientes hospitalizados, todos avaliados quanto à congestão venosa sistêmica por meio do escore VExUS e submetidos à dosagem sérica do biomarcador NT-proBNP.

A avaliação ultrassonográfica e a coleta laboratorial foram realizadas nas primeiras 24 horas após a admissão no pronto-socorro de um hospital terciário de referência na cidade de Salvador, estado da Bahia, no período de novembro de 2023 a dezembro de 2024.

Foram excluídos pacientes sem registro completo do exame ultrassonográfico necessário para determinação do escore VExUS, sem dosagem disponível de NT-proBNP no período estabelecido ou com diagnóstico de doença hepática avançada, devido ao potencial de interferência nos parâmetros venosos analisados. Após aplicação desses critérios, a amostra final foi composta por 117 pacientes.

Avaliação clínica e definição de variáveis

Os dados clínicos foram obtidos por meio de revisão de prontuários, incluindo idade, sexo, fração de ejeção

do ventrículo esquerdo (FEVE) e perfil hemodinâmico na admissão, de acordo com a classificação de Stevenson. As demais variáveis clínicas e laboratoriais foram utilizadas para caracterização da amostra.

A principal variável de exposição foi o escore VExUS, considerado em quatro categorias (0, 1, 2 e 3), correspondentes à graduação da congestão venosa sistêmica. A variável de desfecho principal foi o nível sérico de NT-proBNP (pg/ml), analisado como variável contínua.

Avaliação ultrassonográfica e escore *Venous Excess Ultrasound*

A avaliação da congestão venosa sistêmica foi realizada por POCUS utilizando o Vivid™ iQ Ultrasound System (GE HealthCare, EUA). Foram utilizados transdutores distintos conforme a janela de avaliação: transdutor setorial para janelas cardíacas e transdutor convexo para avaliação do sistema venoso abdominal e retroperitoneal.

Os exames foram realizados com o paciente em decúbito dorsal, com cabeça elevada a aproximadamente 30°. Durante a aquisição dos fluxos venosos, buscou-se realizar breves períodos de apneia sempre que clinicamente possível, com o objetivo de reduzir artefatos respiratórios e melhorar a definição das curvas Doppler, especialmente em vasos de menor calibre, como as veias interlobares renais.

Na avaliação do fluxo venoso hepático, utilizou-se o registro simultâneo da eletrocardiografia, permitindo identificar com maior precisão as ondas S (sistólica) e D (diastólica) e garantindo maior uniformidade na interpretação dos padrões de fluxo.

As janelas ultrassonográficas analisadas incluíram a veia cava inferior, o fluxo venoso hepático, o fluxo portal e o fluxo venoso renal, conforme o protocolo do escore VExUS. O diâmetro da veia cava inferior e os padrões de fluxo venoso nos três territórios abdominais foram registrados e classificados de acordo com os critérios estabelecidos para o sistema VExUS. Com base nesses achados, os pacientes foram classificados nos escores VExUS 0, 1, 2 ou 3, representando gradação crescente de congestão venosa sistêmica.

Dosagem de fragmento N-terminal do pró-peptídeo natriurético tipo B

Os níveis séricos de NT-proBNP foram obtidos a partir de exames laboratoriais realizados durante a internação por ICAD, conforme a rotina institucional do serviço. As dosagens foram realizadas por métodos imunométricos padronizados no laboratório local.

Os valores foram expressos em pg/ml e utilizados nas análises estatísticas sem transformação adicional no protocolo original.

Análise estatística

Inicialmente, os pacientes foram estratificados em quatro grupos de acordo com o escore VExUS (0, 1, 2 e 3). A comparação dos níveis de NT-proBNP entre os grupos foi realizada por meio do teste de Kruskal-Wallis, seguido do teste de Dunn para comparações múltiplas entre pares de grupos.

A força de associação entre o escore VExUS e os níveis de NT-proBNP foi avaliada pelo coeficiente de correlação de Spearman (ρ), considerando a natureza ordinal do VExUS e a distribuição assimétrica esperada dos valores de NT-proBNP.

Para modelar a relação entre o escore VExUS e o NT-proBNP, foi empregado um modelo de regressão Gamma com função de ligação logarítmica, tendo o NT-proBNP como variável dependente e o escore VExUS como variável explanatória. A qualidade de ajuste do modelo foi avaliada por meio do pseudo R^2 de McFadden.

As variáveis contínuas foram avaliadas quanto à distribuição pelo teste de Shapiro-Wilk. Dada a assimetria observada na maior parte das variáveis, os resultados foram apresentados como mediana e intervalo interquartil. As variáveis categóricas foram expressas como frequências absolutas e proporções.

O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$). Todas as análises foram realizadas no software R, versão 4.4.3.

Resultados

Características da amostra

No presente estudo, foram avaliados 117 pacientes internados por ICAD. A mediana de idade foi de 79 anos. Do total, 53 pacientes eram do sexo feminino (45,3%) e 64 do sexo masculino (54,7%).

Em relação à função do ventrículo esquerdo, 68 pacientes apresentavam FEVE $< 50\%$, enquanto 49 apresentavam FEVE $\geq 50\%$. Quanto ao perfil hemodinâmico na admissão, o perfil B (quente e úmido) foi observado em 110 pacientes (94,0%), enquanto o perfil C (frio e úmido) foi identificado em sete pacientes (6,0%).

Todos os pacientes incluídos no estudo possuíam avaliação ultrassonográfica completa necessária para classificação do escore VExUS e dosagem sérica de NT-proBNP realizada nas primeiras 24 horas após a admissão hospitalar.

Distribuição do escore Venous Excess Ultrasound

Os pacientes foram estratificados em quatro grupos de acordo com o escore VExUS: VExUS 0 ($n = 21$), VExUS 1 ($n = 35$), VExUS 2 ($n = 31$) e VExUS 3 ($n = 30$). Essa distribuição permitiu comparar os níveis séricos de NT-proBNP entre diferentes graus de congestão venosa sistêmica avaliados pelo escore.

Níveis de fragmento N-terminal do pró-peptídeo natriurético tipo B de acordo com o escore Venous Excess Ultrasound

Observou-se aumento progressivo da mediana dos níveis de NT-proBNP conforme a elevação do escore VExUS. As medianas foram de 2.890 pg/ml no grupo VExUS 0, 4.700 pg/ml no grupo VExUS 1, 5.430 pg/ml no grupo VExUS 2 e 13.200 pg/ml no grupo VExUS 3.

A análise estatística por meio do teste de Kruskal-Wallis demonstrou diferença significativa entre os grupos ($\chi^2 = 39,18$; $p < 0,0001$). Nas comparações múltiplas realizadas pelo teste de Dunn, foram observadas diferenças

estatisticamente significativas nas comparações envolvendo o grupo VExUS 3 ($p < 0,01$).

Correlação entre o escore Venous Excess Ultrasound e o fragmento N-terminal do pró-peptídeo natriurético tipo B

A análise de correlação entre o escore VExUS e os níveis séricos de NT-proBNP demonstrou correlação moderada e positiva, com coeficiente de Spearman igual a 0,567 ($p < 0,0001$).

No modelo de regressão Gamma com função de ligação logarítmica, o escore VExUS apresentou coeficiente β de 0,584 ($p < 0,0001$). O pseudo R^2 de McFadden obtido foi de 0,024.

Discussão

O uso do POCUS na avaliação da congestão venosa sistêmica tem se expandido no contexto das doenças cardiovasculares, especialmente na ICAD. A análise dos padrões de fluxo venoso hepático, portal e renal, integrada às medidas da veia cava inferior, tem sido reconhecida como abordagem que complementa o exame clínico e oferece uma avaliação mais abrangente do estado hemodinâmico do paciente.⁹ Nesse cenário, o escore VExUS surgiu como um método estruturado para sintetizar achados ultrassonográficos relacionados à sobrecarga venosa, com aplicação crescente em diferentes contextos clínicos.¹⁰ Revisões recentes indicam que essa ferramenta fornece uma avaliação padronizada e reprodutível da congestão venosa sistêmica, contribuindo para compreender o impacto hemodinâmico do aumento das pressões venosas em diferentes condições clínicas.^{7,11,12}

Os valores de NT-proBNP apresentaram distribuição progressivamente mais elevada ao longo das categorias do escore VExUS, conforme ilustrado no *boxplot* (Figura 1). Observou-se aumento gradual das medianas entre os grupos, acompanhado por maior amplitude interquartil nos níveis mais elevados do escore. No grupo VExUS 3, verificou-se maior variabilidade, com presença de valores superiores aos observados nas demais categorias. Esse padrão gráfico evidencia uma tendência ascendente na distribuição do biomarcador à medida que aumenta o grau de congestão venosa sistêmica estimado pelo VExUS, complementando os resultados obtidos nas análises estatísticas (Figura Central).

A análise gráfica também demonstrou distribuição ascendente dos valores de NT-proBNP ao longo das categorias do escore VExUS. A Figura 2 apresenta o diagrama de dispersão com a reta ajustada pela correlação de Spearman, evidenciando tendência linear positiva compatível com o coeficiente observado ($\rho = 0,567$). A Figura 3 ilustra a curva estimada pelo modelo de regressão Gamma com função de ligação logarítmica, na qual se observa aumento progressivo das predições de NT-proBNP associado aos diferentes níveis do escore VExUS.

A utilização da regressão Gamma com função de ligação logarítmica permitiu modelar adequadamente a distribuição assimétrica do NT-proBNP, caracterizada por ampla dispersão e pela presença de valores extremos em níveis mais elevados de congestão. Esse modelo capturou a relação exponencial entre o aumento do escore VExUS e a elevação do biomarcador, evidenciando intensificação progressiva dos

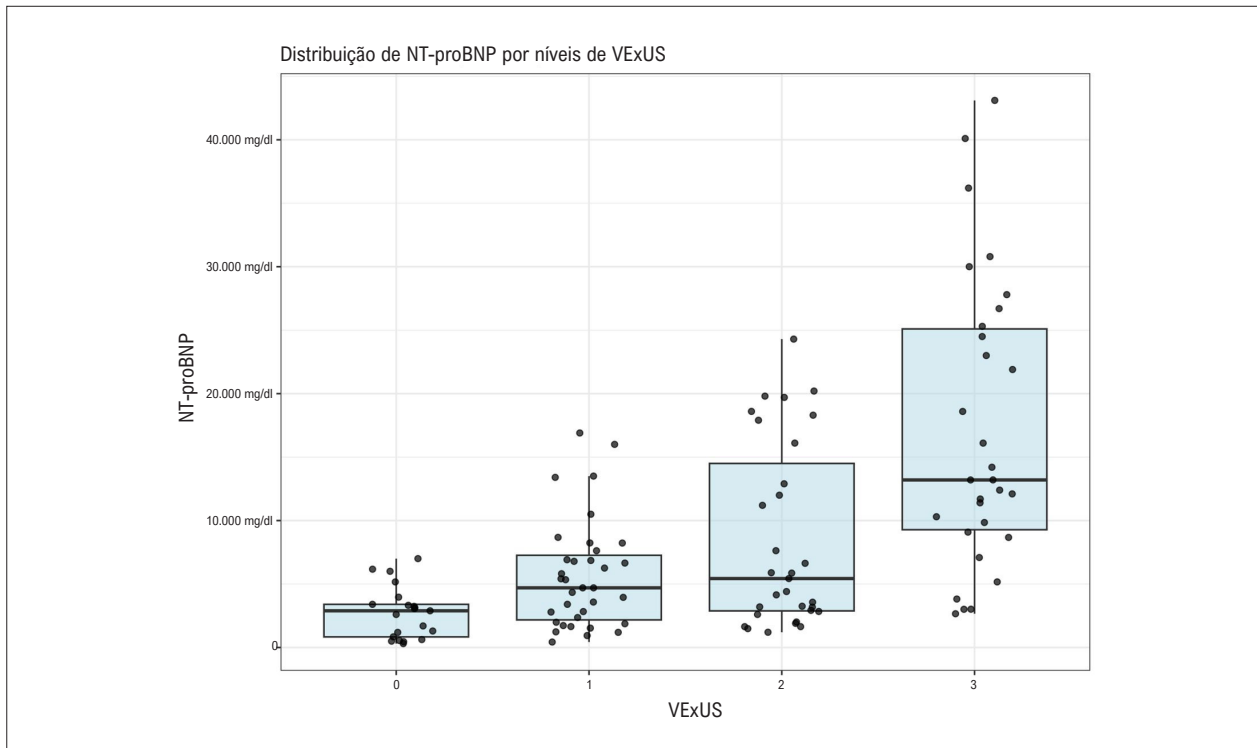


Figura 1 – Distribuição dos níveis de NT-proBNP de acordo com as categorias do escore VExUS. NT-proBNP: fragmento N-terminal do pró-peptídeo natriurético tipo B; VExUS: Venous Excess Ultrasound.

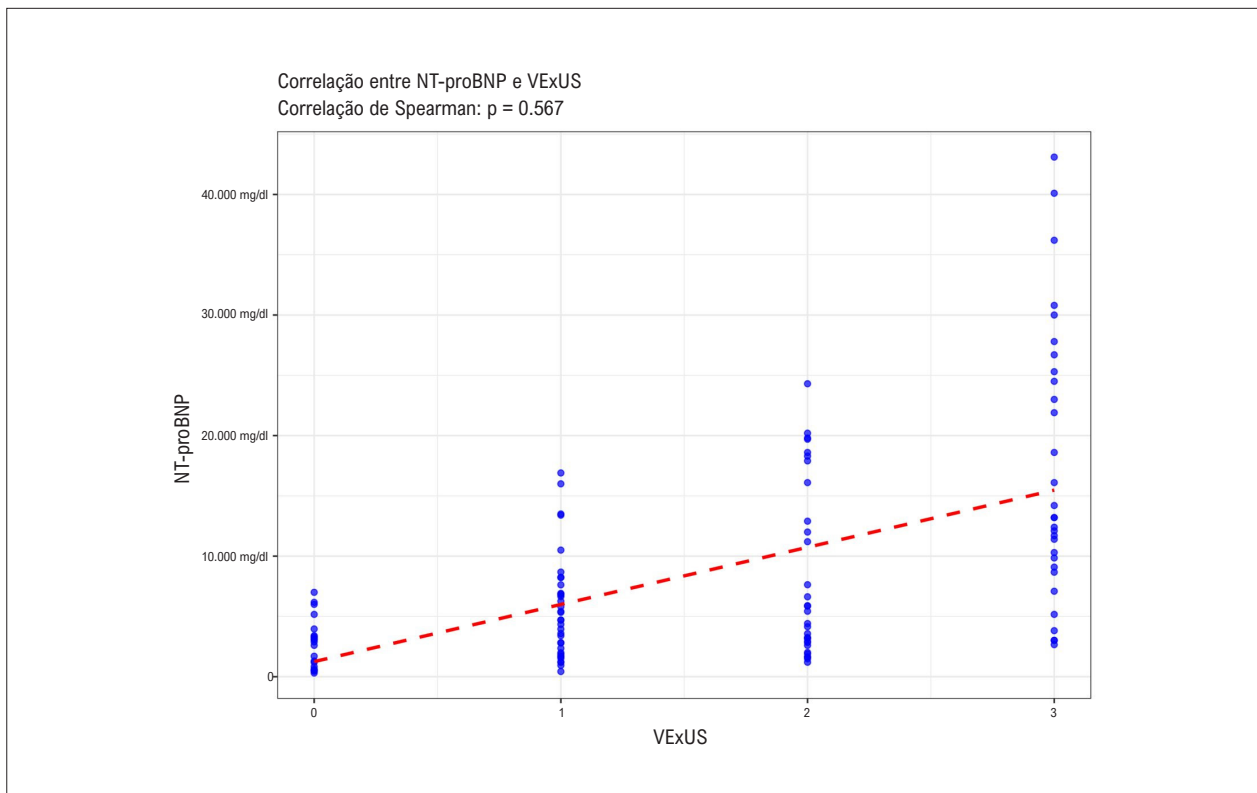


Figura 2 – Correlação entre os níveis de NT-proBNP e o escore VExUS. NT-proBNP: fragmento N-terminal do pró-peptídeo natriurético tipo B; VExUS: Venous Excess Ultrasound.

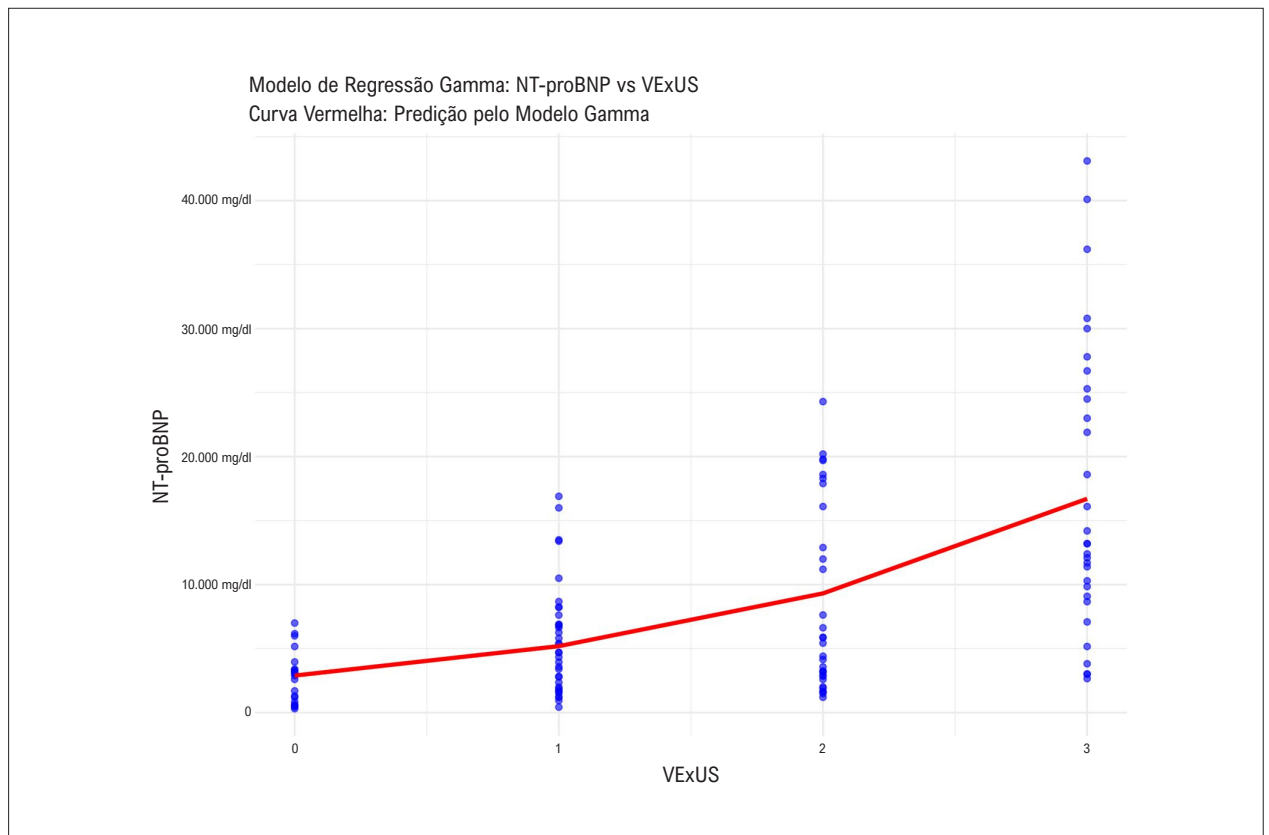


Figura 3 – Relação entre NT-proBNP e o escore VExUS estimada por modelo de regressão Gamma. NT-proBNP: fragmento N-terminal do pró-peptídeo natriurético tipo B; VExUS: Venous Excess Ultrasound.

valores de NT-proBNP à medida que a congestão venosa sistêmica se agrava. Essa abordagem complementa a análise de Spearman ao demonstrar que a correlação observada, de magnitude moderada, acompanha a elevação gradual dos níveis de NT-proBNP conforme aumentam os valores do escore VExUS.^{10,13,14}

Esse padrão sugere que o escore VExUS, ao quantificar o impacto hemodinâmico do aumento das pressões venosas, reflete de forma objetiva a gravidade da descompensação volêmica, que é fisiologicamente traduzida pela liberação de NT-proBNP.^{15,16}

Em consonância com o valor prognóstico de marcadores isolados de congestão, o escore VExUS 3 tem sido associado, em outras coortes, a desfechos clínicos mais desfavoráveis, incluindo maior risco de piora da função renal, redução da resposta natriurética e resistência ao tratamento diurético, além de pior prognóstico global. A capacidade do VExUS de monitorar dinamicamente a congestão venosa sistêmica o torna potencialmente útil para orientar a terapia diurética, especialmente em casos de síndrome cardiorenal, nos quais escores mais elevados podem apoiar a continuidade da estratégia diurética.¹⁷⁻¹⁹

O NT-proBNP reflete predominantemente o estresse miocárdico e o aumento das pressões de enchimento cardíacas, enquanto o escore VExUS expressa a repercussão hemodinâmica da congestão venosa sistêmica, integrando

sinais ultrassonográficos relacionados ao aumento da pressão venosa e ao risco de disfunção orgânica. Dessa forma, ambos os métodos avaliam dimensões fisiopatológicas distintas e complementares da congestão na insuficiência cardíaca, podendo contribuir para uma abordagem clínica mais abrangente e individualizada.²⁰⁻²²

Limitações do estudo

Este estudo apresenta algumas limitações. Trata-se de um estudo observacional de corte transversal realizado em um único centro, com amostra final de 117 pacientes. O delineamento transversal limita a capacidade de inferir relações causais ou de avaliar mudanças dinâmicas na congestão venosa e nos níveis de NT-proBNP ao longo da internação.

Embora tenha sido adotada estratégia para reduzir viés temporal, com realização tanto da avaliação pelo escore VExUS quanto da dosagem de NT-proBNP dentro das primeiras 24 horas após a admissão hospitalar, essa janela de tempo, ainda que curta, representa uma limitação potencial, considerando a natureza dinâmica da ICAD e as intervenções terapêuticas iniciadas nesse período.

A aplicação do escore VExUS também apresenta limitações inerentes aos seus componentes e ao contexto clínico em que é utilizado. A interpretação do Doppler da veia hepática pode ser influenciada pela presença de regurgitação tricúspide

significativa e pela fibrilação atrial, condições que podem alterar o padrão de fluxo venoso independentemente do grau de congestão. De forma semelhante, a pulsatilidade do fluxo portal pode ser observada em indivíduos jovens e saudáveis, enquanto sua redução pode ocorrer em doenças hepáticas parenquimatosas. Por esse motivo, pacientes com doença hepática estrutural relevante foram excluídos da análise. Embora a integração dos diferentes territórios venosos no escore VExUS reduza a dependência de um único parâmetro, essas limitações devem ser consideradas na interpretação dos achados.^{10,22,23}

Estudos futuros, preferencialmente com delineamento longitudinal, serão necessários para avaliar a evolução dinâmica do escore VExUS ao longo da internação e sua relação com as estratégias terapêuticas utilizadas. Esse tipo de abordagem poderá fornecer compreensão mais precisa do papel da congestão venosa sistêmica, avaliada pelo VExUS, no manejo clínico de pacientes com ICAD.

Conclusão

Os resultados deste estudo indicam que o escore VExUS apresenta associação com os níveis de NT-proBNP, reforçando seu potencial como ferramenta complementar na avaliação da congestão venosa sistêmica em pacientes com ICAD.

A integração do VExUS ao raciocínio clínico e à interpretação de biomarcadores pode oferecer uma perspectiva mais abrangente do estado volêmico, contribuindo para uma abordagem diagnóstica e terapêutica mais individualizada.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Almeida Filho AC, Morel RV; obtenção de dados: Cavalcante LRS, Carvalho YX,

Barros RMF, Lobo CTS; análise e interpretação dos dados e análise estatística: Souza AC; redação do manuscrito: Flores MP; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Carvalho MVSF, Barroso ND.

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

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Experimentação Animal do CONEP sob o número de protocolo 84674724.7.0000.0048.

Uso de Inteligência Artificial

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

Disponibilidade de Dados

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

Referências

1. Groenewegen A, Rutten FH, Mosterd A, Hoes AW. Epidemiology of Heart Failure. *Eur J Heart Fail.* 2020;22(8):1342-56. doi: 10.1002/ehfj.1858.
2. Bragazzi NL, Zhong W, Shu J, Abu Much A, Lotan D, Grupper A, et al. Burden of Heart Failure and Underlying Causes in 195 Countries and Territories from 1990 to 2017. *Eur J Prev Cardiol.* 2021;28(15):1682-90. doi: 10.1093/eurjpc/zwaa147.
3. Dharmarajan K, Rich MW. Epidemiology, Pathophysiology, and Prognosis of Heart Failure in Older Adults. *Heart Fail Clin.* 2017;13(3):417-26. doi: 10.1016/j.hfc.2017.02.001.
4. Mullens W, Damman K, Harjola VP, Mebazaa A, Brunner-La Rocca HP, Martens P, Testani JM, et al. The Use of Diuretics in Heart Failure with Congestion - A Position Statement from the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. *Eur J Heart Fail.* 2019;21(2):137-55. doi: 10.1002/ehfj.1369.
5. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, Baumbach A, Böhm M, et al. 2023 Focused Update of the 2021 ESC Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure. *Eur Heart J.* 2023;44(37):3627-39. doi: 10.1093/eurheartj/ehad195.
6. Magalhães J, Soares F, Noya M, Neimann C, Andrade L, Correia L. NT-ProBNP at Admission versus NT-ProBNP at Discharge as a Prognostic Predictor in Acute Decompensated Heart Failure. *Int J Cardiovasc Sci.* 2017;30(6):469-75. doi: 10.5935/2359-4802.20170082.
7. Rinaldi PM, Rihl MF, Boniatti MM. VExUS Score at Discharge as a Predictor of Readmission in Patients with Acute Decompensated Heart Failure: A Cohort Study. *Arq Bras Cardiol.* 2024;121(5):e20230745. doi: 10.36660/abc.20230745.
8. Saadi MP, Machado GP, Silvano GP, Barbato JPR, Almeida RF, Scolari FL, et al. Assessment of Interrater Reliability in Point-of-Care Ultrasound for Assessing Congestion in Cardiovascular Intensive Care. *Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc.* 2025;38(2):e20250022. Doi: 10.36660/abcmg.20250022.
9. Rola P, Miralles-Aguilar F, Argaiz E, Beaubien-Souligny W, Haycock K, Karimov T, et al. Clinical Applications of the Venous Excess Ultrasound (VExUS) Score: Conceptual Review and Case Series. *Ultrasound J.* 2021;13(1):32. doi: 10.1186/s13089-021-00232-8.
10. Torres-Arrese M, Mata-Martínez A, Luordo-Tedesco D, García-Casasola G, Alonso-González R, Montero-Hernández E, et al. Usefulness of Systemic Venous Ultrasound Protocols in the Prognosis of Heart Failure Patients: Results from a Prospective Multicentric Study. *J Clin Med.* 2023;12(4):1281. doi: 10.3390/jcm12041281.
11. Cubo-Romano P, Torres-Macho J, Soni NJ, Reyes LF, Rodríguez-Almodóvar A, Fernández-Alonso JM, et al. Admission Inferior Vena Cava Measurements are Associated with Mortality after Hospitalization for Acute Decompensated Heart Failure. *J Hosp Med.* 2016;11(11):778-84. doi: 10.1002/jhm.2620.
12. Telo GH, Saadi MP, Silvano GP, Silveira AD, Biolo A. Contribution of Lung Ultrasound and VExUS in the Diagnosis and Monitoring of Patients with Heart Failure. *ABC Heart Fail Cardiomyop.* 2024;4(1):e20240010. doi: 10.36660/abchf.20240010.

13. Platz E, Lewis EF, Uno H, Peck J, Pivetta E, Merz AA, et al. Detection and Prognostic Value of Pulmonary Congestion by Lung Ultrasound in Ambulatory Heart Failure Patients. *Eur Heart J*. 2016;37(15):1244-51. doi: 10.1093/eurheartj/ehv745.
14. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JGF, Coats AJS, et al. 2016 ESC Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure: The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the Special Contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur Heart J*. 2016;37(27):2129-200. doi: 10.1093/eurheartj/ehw128.
15. Guinot PG, Bahr PA, Andrei S, Popescu BA, Caruso V, Mertes PM, et al. Doppler Study of Portal Vein and Renal Venous Velocity Predict the Appropriate Fluid Response to Diuretic in ICU: A Prospective Observational Echocardiographic Evaluation. *Crit Care*. 2022;26(1):305. doi: 10.1186/s13054-022-04180-0.
16. Kenny JS, Prager R, Rola P, Haycock K, Basmaji J, Hernández G. Unifying Fluid Responsiveness and Tolerance with Physiology: A Dynamic Interpretation of the Diamond-Forrester Classification. *Crit Care Explor*. 2023;5(12):e1022. doi: 10.1097/CCE.0000000000001022.
17. Andrei S, Bahr PA, Nguyen M, Bouhemad B, Guinot PG. Prevalence of Systemic Venous Congestion Assessed by Venous Excess Ultrasound Grading System (VExUS) and Association with Acute Kidney Injury in a General ICU Cohort: A Prospective Multicentric Study. *Crit Care*. 2023;27(1):224. doi: 10.1186/s13054-023-04524-4.
18. 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.
19. Argaiz ER. VExUS Nexus: Bedside Assessment of Venous Congestion. *Adv Chronic Kidney Dis*. 2021;28(3):252-61. doi: 10.1053/j.ackd.2021.03.004.
20. Maeder MT, Mariani JA, Kaye DM. Hemodynamic Determinants of Myocardial B-Type Natriuretic Peptide Release: Relative Contributions of Systolic and Diastolic Wall Stress. *Hypertension*. 2010;56(4):682-9. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.110.156547.
21. Rola P, Haycock K, Spiegel R, Beaubien-Souligny W, Denault A. VExUS: Common Misconceptions, Clinical Use and Future Directions. *Ultrasound J*. 2024;16(1):49. doi: 10.1186/s13089-024-00395-0.
22. Salgado AA, Bernardo MPL, Melo FM Netto. My Approach to Evaluate Systemic Venous Congestion: VExUS Protocol. *Arq Bras Cardiol: Imagem Cardiovasc*. 2024;37(2):e20240026. doi: 10.36660/abcimg.20240026.
23. Putz FJ, Kranert PC, Banas MC, Schierling W, Jung EM, Bergler T, et al. Renal Vein Blood Flow Patterns Identify Patients at Risk for Early Kidney Allograft Loss Due to Cardiac Postrenal Vein Congestion. *J Clin Med*. 2025;14(14):4897. doi: 10.3390/jcm14144897.

