

Como Eu Faço a Estimativa das Pressões Pulmonares: Aspectos Práticos

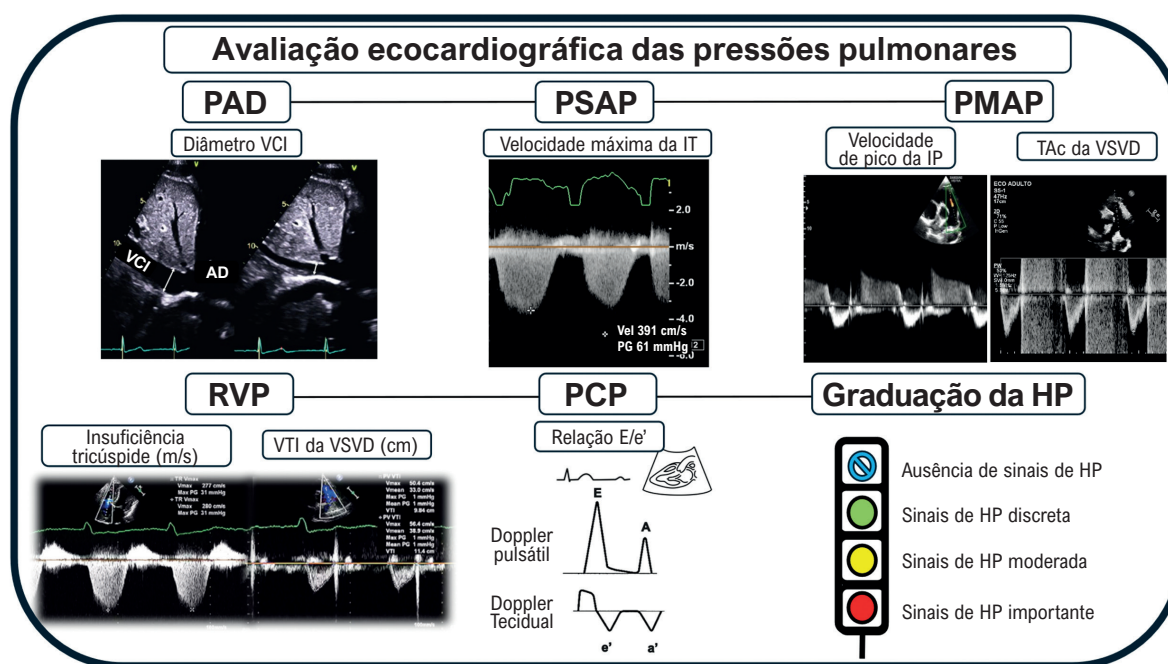
My Approach to Estimate Pulmonary Pressures: Practical Aspects

Halsted Alarcão Gomes Pereira da Silva,¹ Helder Moura Gomes²

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia,¹ São Paulo, SP – Brasil

Hospital Metropolitano Dom José Maria Pires,² João Pessoa, PB – Brasil

Figura Central: Como Eu Faço a Estimativa das Pressões Pulmonares: Aspectos Práticos



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2025;38(2):e20250028

Resumo

A hipertensão pulmonar (HP) é uma doença de alcance global e cada dia mais presente nos laboratórios de ecocardiografia, dado o progressivo aumento de sua prevalência com o envelhecimento populacional.

Palavras-chave

Hipertensão Pulmonar; Ecocardiografia; Ultrassonografia Doppler; Pressão Propulsora Pulmonar.

Correspondência: Halsted Alarcão Gomes Pereira da Silva •

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia. Rua Dr. Dante Pazzanese, 500.

CEP: 04012-909. São Paulo, SP – Brasil

E-mail: halstedufg@hotmail.com

Artigo recebido em 28/04/2025; revisado em 06/05/2025; aceito em 08/05/2025

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250028>

Antes com diagnóstico restrito aos métodos invasivos, a avaliação ecocardiográfica das pressões pulmonares assumiu papel fundamental no rastreamento e acompanhamento dos pacientes com HP. Este tema foi revisitado pela Sociedade Americana de Ecocardiografia em um novo *guideline* publicado em março de 2025, reforçando a importância da ecocardiografia na estratificação clínica, considerando as recentes atualizações na definição de HP. Entre os principais parâmetros de avaliação, são descritas a pressão sistólica da artéria pulmonar (PSAP), a pressão média da artéria pulmonar (PMAP), a resistência vascular pulmonar (RVP) e a pressão capilar pulmonar (PCP), assim como uma série de cuidados para a correta estimativa e interpretação desses valores. A graduação dos níveis de HP também foi retomada em uma nova classificação. Por ser um método acessível e reprodutível, a avaliação das pressões pulmonares por meio da ecocardiografia se apresenta como ferramenta essencial na avaliação e seguimento da HP.

Introdução

A Hipertensão Pulmonar (HP) tem prevalência estimada de cerca de 1% da população mundial, com um incremento gradativo com o envelhecimento devido à relação direta com doenças cardíacas e pulmonares. Apresenta implicação prognóstica devido a suas graves consequências hemodinâmicas e é parâmetro fundamental para decisão clínica e de aconselhamento terapêutico.¹

A avaliação das pressões pulmonares tem sido uma busca constante para o melhor entendimento hemodinâmico das doenças que acometem tanto pacientes com cardiopatias adquiridas como cardiopatias congênitas. Inicialmente, esse tipo de avaliação era realizada exclusivamente por métodos hemodinâmicos invasivos, com o predomínio de uso de cateter de artéria pulmonar como o Swan-Ganz e cateterismo cardíaco direito.²

A incorporação do método de Doppler colorido e a capacidade de correlacionar as velocidades de fluxo intracavitários com gradientes hemodinâmicos com uma razoável concordância com os parâmetros invasivos, permitiu a rápida evolução da ecocardiografia nesse cenário. Por ser um método não invasivo, reprodutível e replicável, realizado à beira do leito e de relativo baixo custo, a ecocardiografia apresenta uma grande vantagem como método de avaliação inicial.³

Definição de HP

A definição de HP atualmente aceita foi proposta durante o 6º simpósio mundial de HP em 2018, onde 124 experts se reuniram e a revisaram.⁴

Definição prévia de HP

- Pressão média da artéria pulmonar (PMAP): ≥ 25 mmHg
- Resistência Vascular Pulmonar (RVP): ≥ 3 Unidade Wood (UW) – Hipertensão pré-capilar
- Pressão Capilar Pulmonar (PCP): ≤ 15 mmHg – Hipertensão pré-capilar

Definição proposta (atual):

- PMAP: > 20 mmHg
- RVP: > 2 UW – Hipertensão pré-capilar
- PCP: ≤ 15 mmHg – Hipertensão pré-capilar

Essa alteração foi baseada em dados de indivíduos normais, em que foi identificado que a PMAP em repouso é de aproximadamente $14,0 \pm 3,3$ mmHg. Utilizou-se a variação de dois desvios padrões como ainda dentro dos limites de normalidade, deste modo o PMAP > 20 mmHg seria o limiar para pressão arterial pulmonar anormal (acima do percentil 97,5).⁴

Considerando esses valores, os parâmetros ecocardiográficos descritos a seguir foram estudados sempre em correlação com a avaliação invasiva, não com o objetivo de substituir esse exame, mas sim como uma proposta de rastreamento inicial, já que a realização de cateterismo cardíaco direito a nível populacional é inviável e não custo-efetiva.

Conceito de vasos comunicantes

A avaliação ecocardiográfica das pressões pulmonares se baseia no conceito de vasos comunicantes. Este conceito estabelece que um fluido de mesma massa específica e na mesma altura teria a mesma pressão em qualquer ponto do sistema. Ao se considerar este princípio físico, a ecocardiografia é capaz de identificar a Pressão Sistólica da Artéria Pulmonar (PSAP) pelo cálculo da Pressão Sistólica do Ventrículo Direito (PSVD).

Para o cálculo da PSVD, devemos avaliar inicialmente o gradiente sistólico entre o Ventrículo Direito (VD) e o Átrio Direito (AD) a partir da velocidade máxima da Insuficiência Tricúspide (IT), utilizando a equação de Bernoulli modificada, que irá derivar gradiente utilizando a velocidade. Adicionando a este valor a estimativa da Pressão média do Átrio Direito (PAD), será obtida a PSVD que, em um sistema sem obstrução ao fluxo, será similar à PSAP.

Pressão média do átrio direito

Dando início a esta aferição, primeiramente veremos como avaliar a pressão média do átrio direito. O ecocardiograma transtorácico ao longo de sua evolução identificou várias métricas para estimar com razoável acurácia a PAD. Apesar das diversas limitações em sua análise, o parâmetro mais utilizado para essa inferência é a medida do diâmetro da Veia Cava Inferior (VCI) durante uma pausa expiratória e sua variabilidade respiratória conforme apresentado na Figura 1.

A depender da medida inicial da VCI e de sua variação com a fasicidade respiratória, a PAD pode ser estimada nos seguintes valores:

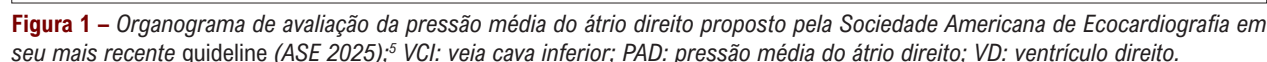
- PAD < 3 mmHg
- PAD: 3 mmHg (0 - 5 mmHg)
- PAD: 8 mmHg (5 - 10 mmHg)
- PAD: 15 mmHg (10 - 20 mmHg)
- PAD: 20 mmHg

A VCI pode ser medida na maioria dos pacientes a partir da janela subcostal, sendo facilmente reprodutível durante a internação ou segmento ambulatorial. Como veremos a seguir, esse índice nem sempre é representativo da PAD em alguns cenários, que devem ser interpretados com cautela.

Cuidados na aquisição e interpretação da VCI

- Adquirir a imagem da VCI longitudinalmente com um corte no eixo central durante todo o ciclo respiratório (a medida no eixo transversal pode ajudar a evitar erro de aferição).
- Cuidado na avaliação de pacientes com hipervolemia crônica (insuficiência cardíaca e doença renal crônica avançada)
- Cautela na avaliação de pacientes atletas (VCI distendidas por uma excelente pré-carga)

Em caso de dúvida diagnóstica ou casos indeterminados, a utilização de índices secundários para estimar a PAD podem ser considerados, como uma relação E/e' tricúspide > 6 ,



Fórmula da Fração de Enchimento Sistólico (FES);
VTI: integral velocidade-tempo; S: Sistólica; D: Diastólica;
AD: Átrio Direito

Um aumento progressivo das pressões pulmonares, principalmente em seu componente pré-capilar, acarretará um TAC cada vez mais curto associado a um pico sistólico mais precoce que o habitual (Figura 4).

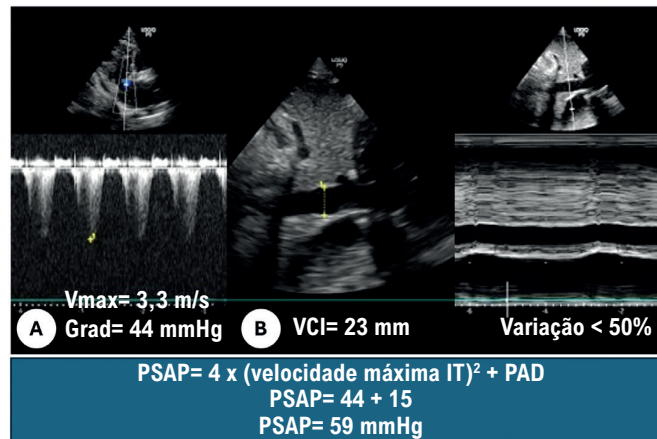


Figura 2 – Estimativa da PSAP que nesse paciente foi aferida em 59 mmHg. A) Insuficiência Tricúspide (IT) ao Doppler contínuo. B) Estimativa da PAD avaliando o diâmetro da VCI e colapsabilidade com ciclo respiratório no modo M.

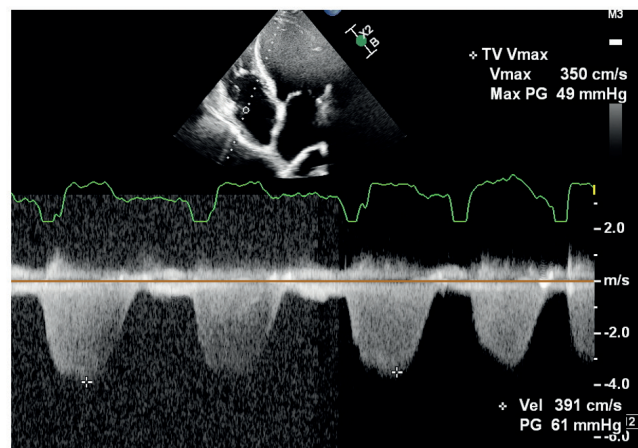


Figura 3 – Insuficiência tricúspide ao Doppler contínuo com ganho excessivo (esquerda, com velocidade máxima de 3,9 m/s) e com ganho adequado (direita, com velocidade máxima de 3,5 m/s).

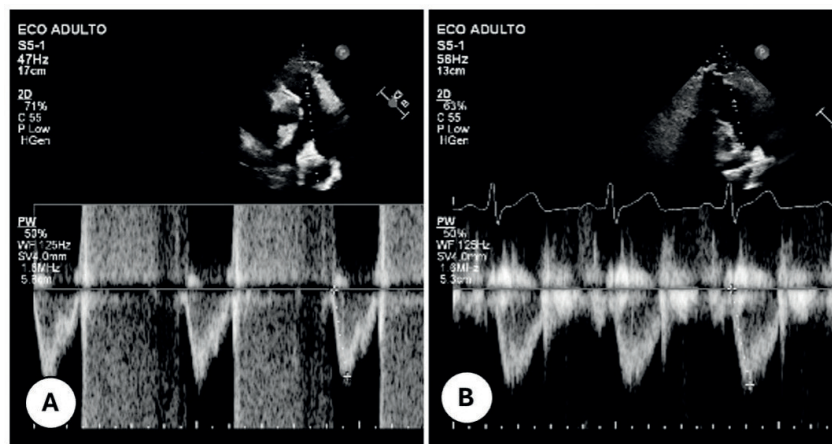


Figura 4 – Avaliação do TAc considerando o volume amostra ao nível da valva pulmonar; A) TAc encurtado (81ms) associado ao entalhe mesossistólico no traçado, dado que corrobora o achado de HP; B) TAc normal (113ms).

Artigo de Revisão

A partir desse conceito hemodinâmico tão importante, foram realizados trabalhos de correlação entre essas duas variáveis, que permitiram a identificação e validação das fórmulas apresentadas na Tabela 1.

Cuidados na aquisição e interpretação do TAc

- **Janela:** paraesternal eixo curto ao nível dos vasos da base, com direcionamento para a valva pulmonar
- **Posição do volume amostra:** adquirido por Doppler pulsátil na VSVD com o volume amostra em posição logo abaixo da valva pulmonar, ao final da expiração.
- **Medida:** do início do fluxo pulmonar até o pico de velocidade.
- A maior validação do TAc pulmonar foi realizada nos casos de HP pré-capilar
- O TAc da VSVD pode ser menos confiável em pacientes com frequência cardíaca baixa ou alta (<60 e >100 batimentos/min).

PMAP

Considerada a medida de referência para definição de HP e estratificação de gravidade, a determinação da PMAP é de grande importância para o cardiologista clínico. Vários trabalhos ao longo das últimas décadas validaram essa estimativa não invasiva, culminando na recomendação da diretriz americana para avaliação ecocardiográfica do coração direito em adultos de 2010. Esse documento descreveu de forma detalhada as fórmulas tanto para o cálculo da PMAP como para a Pressão Diastólica da Artéria Pulmonar (PDAP), as quais foram replicadas na diretriz de 2025.

Considerando o conhecimento atual, valores de PMAP maiores que 20 mmHg são patológicos e devem ser descritos no laudo ecocardiográfico.

O passo a passo para o cálculo da PMAP após a aquisição da PSAP e PDAP está exemplificado na Figura 5 e na Tabela 2 estão descritas as principais fórmulas utilizadas na prática clínica.

Cuidados na aquisição e interpretação

- O cálculo da PMAP envolve outras variáveis e, por isso, sua estimativa deve ser realizada com a melhor técnica possível.

Tabela 1 – Principais fórmulas com validação clínica na estimativa da Pressão Sistólica da Artéria Pulmonar (PSAP)

Parâmetro	Fórmula	Condição
PSAP	$4 \times \text{Velocidade máxima do IT} + \text{PAD}^{6,7}$	
PSAP	$134 - (0,9 \times \text{TAc})^5$	
PSAP		TAc VSVD > 105 ms (sem HP*) ⁶ * Considerada normal, com base em estudos epidemiológicos em populações saudáveis.
PSAP		TAc VSVD < 80 ms (HP provável) ⁵

IT: Insuficiência tricúspide; PSAP: Pressão Sistólica da Artéria Pulmonar; TAc: Tempo de aceleração do fluxo pulmonar; HP: Hipertensão Pulmonar; VSVD: Via de Saída do Ventrículo Direito⁵

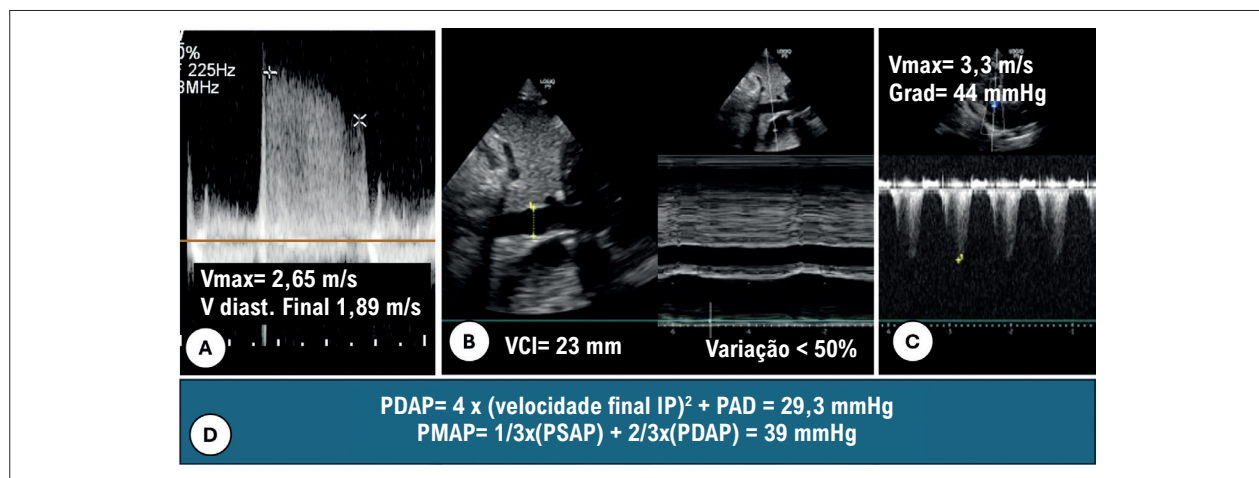


Figura 5 – Estimativa da PMAP e da PDAP usando as velocidades inicial e final da Insuficiência Pulmonar (IP); A) IP ao Doppler contínuo; a PMAP é obtida da soma da PAD com o gradiente de pico da IP calculado pela fórmula de Bernoulli. A PDAP é obtida pelo gradiente calculado considerando a velocidade telediastólica da IP somado à PAD; B) Estimativa da PAD pela avaliação da VCI e sua colapsabilidade respiratória; C) Insuficiência tricúspide; D) Aplicação das fórmulas para cálculo da PMAP e PDAP.

- A PMAP utiliza a Insuficiência Pulmonar (IP) como parâmetro de análise para o seu cálculo. A velocidade inicial do jato de IP somado à PAD permite a obtenção do valor da PMAP.
- A PDAP utiliza a velocidade final do jato da IP somado à PAD e permite a obtenção do valor da PDAP.

RVP

Conceito que descreve a medida de resistência que o sistema vascular pulmonar oferece ao fluxo sanguíneo oriundo do VD. Esse dado fornece um importante parâmetro discriminatório, permitindo a estratificação entre o componente pré-capilar e pós-capilar da HP.

A identificação dessa medida de forma não invasiva deriva do clássico trabalho de Abbas et al.¹² O estudo foi publicado no Journal of the American College of Cardiology (JACC) em 2003, e sua fórmula posteriormente ratificada em uma nova publicação de 2013 no Journal of the American Society of Echocardiography (JASE).¹³

Para o cálculo da RVP, são necessários dois parâmetros básicos de avaliação (Figura 6).

As fórmulas validadas usadas para o cálculo da RVP são apresentadas na Tabela 3.

PCP

A avaliação em conjunto das pressões pulmonar, RVP e PCP irá permitir a classificação da HP em um dos cinco espectros descritos abaixo segundo a mais recente classificação de HP (ESC 2022):

1. Hipertensão Arterial Pulmonar (HAP)
2. HP associada com doença ventricular esquerda
3. HP associada com doença pulmonar
4. HP associada com doença pulmonar obstrutiva
5. HP com mecanismo (etiologia) não claro ou multifatorial

Dessa forma, a avaliação da PCP irá determinar se as pressões capilares e, consequentemente, a do átrio esquerdo estarão aumentadas ou não, realizando uma estratificação

Tabela 2 – Principais fórmulas com validação clínica na estimativa da PMAP

Parâmetro	Fórmula	Condição
PMAP	$\frac{1}{3} (PSAP) + \frac{2}{3} PDAP$	
PMAP	$79 - 0,45x(TAc)^8$	$TAc \geq 120ms$ (Fc entre 60 – 100bpm)
PMAP	$90 - 0,62x(TAc)^9$	$TAc < 120ms$ (FC entre 60 – 100bpm)
PMAP	$0,61x(PSAP) + 2^{10}$	
PMAP	VTI da IT + PAD ¹¹	

FC: Frequência Cardíaca; IT: Insuficiência Tricúspide; PAD: Pressão do Átrio Esquerdo; PMAP: Pressão Média da Artéria Pulmonar; PDAP: Pressão Diastólica da Artéria Pulmonar; TAc: Tempo de Aceleração da via de saída do ventrículo direito; VTI: Integral Velocidade-Tempo⁵

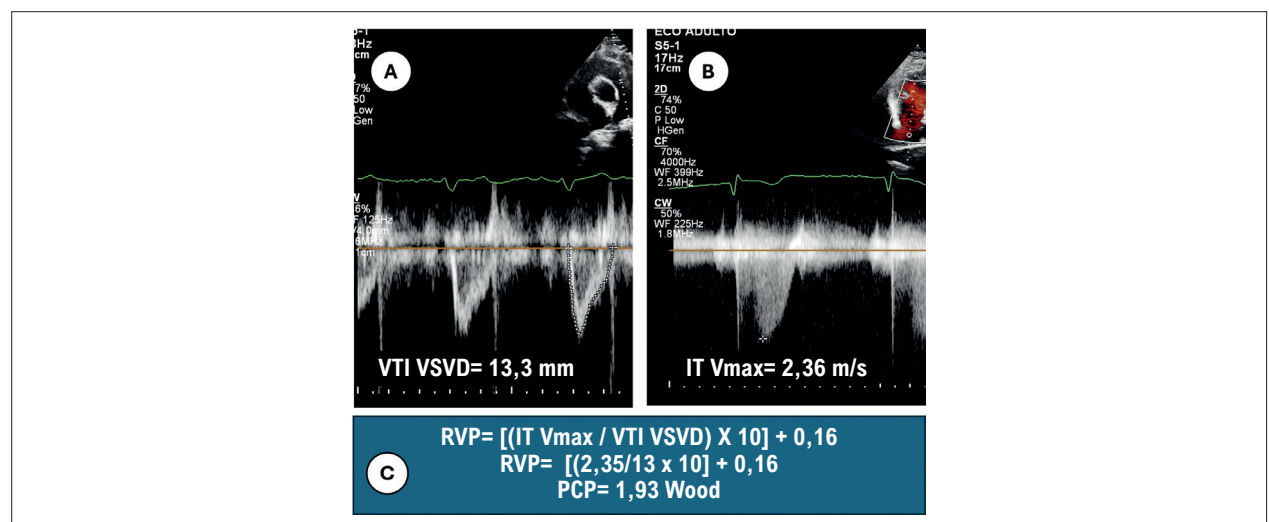


Figura 6 – Cálculo da RVP usando o Integral Velocidade-Tempo (VTI): Via de Saída do Ventrículo Direito (VSVD) (A), e a velocidade máxima da Insuficiência Tricúspide (IT) (B), e a aplicação da fórmula (C).

Artigo de Revisão

inicial entre os grupos com e sem acometimento das cavidades esquerdas (hipertensão pós-capilar e pré-capilar).

As principais fórmulas para esse cálculo são descritas abaixo (Tabela 4), sendo a fórmula de Nagueh a mais utilizada. Em seu trabalho original, os achados de Nagueh et al.¹³ se relacionaram, com boa acurácia, às pressões de enchimento do ventrículo esquerdo, e, portanto, à PCP.

Na Figura 7, é demonstrada a aplicação da fórmula de Nagueh.

Cuidados na aquisição e interpretação

- A avaliação das variáveis E/e' é feita de rotina na avaliação da função diastólica e, portanto, não adiciona maior tempo ao exame.

Tabela 3 – Principais fórmulas com validação clínica na estimativa da RVP

Parâmetro	Fórmula	Condição
RVP	$\frac{\text{Velocidade Máxima do IT (m/s)}}{\text{VTI da VSVD (cm)}} \times 10 + 0,16^{(12)}$	RVP > 2,0 Woods é considerado anormal
RVP	$\frac{\text{PSVD} - \text{PCP}}{\text{DC}}$	Os valores de PSVD, PCP e DC podem ser adquiridos a partir de dados ecocardiográficos

RVP: Resistência Vascular Pulmonar; IT: Insuficiência Tricúspide; VTI: Integral Velocidade - Tempo; VSVD: Via de Saída do Ventrículo Direito; PSVD: Pressão Sistólica do VD; PCP: Pressão Capilar Pulmonar; DC: Débito Cardíaco⁵

Tabela 4 – Principais fórmulas com validação clínica na estimativa da PCP

Parâmetro	Fórmula	Condição
PCP	$1,24 \times E/e' \text{ médio} + 1,9^{13}$	– Valores de normalidade: < 12 – 15 mmHg - E/e' > 15 se correlacionou com PCP > 15 mmHg - Trabalho original: - Sensibilidade: 89% - Especificidade: 91% - Acurácia: 0,92
PCP	$\text{PCP} = 5,7 \times E/VP + 4,6^{14}$	Estudo com 45 pacientes (FEVE: 40% ± 15%)

PCP: Pressão Capilar Pulmonar; E: Velocidade de influxo da valva mitral; VP: velocidade de propagação; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo⁵

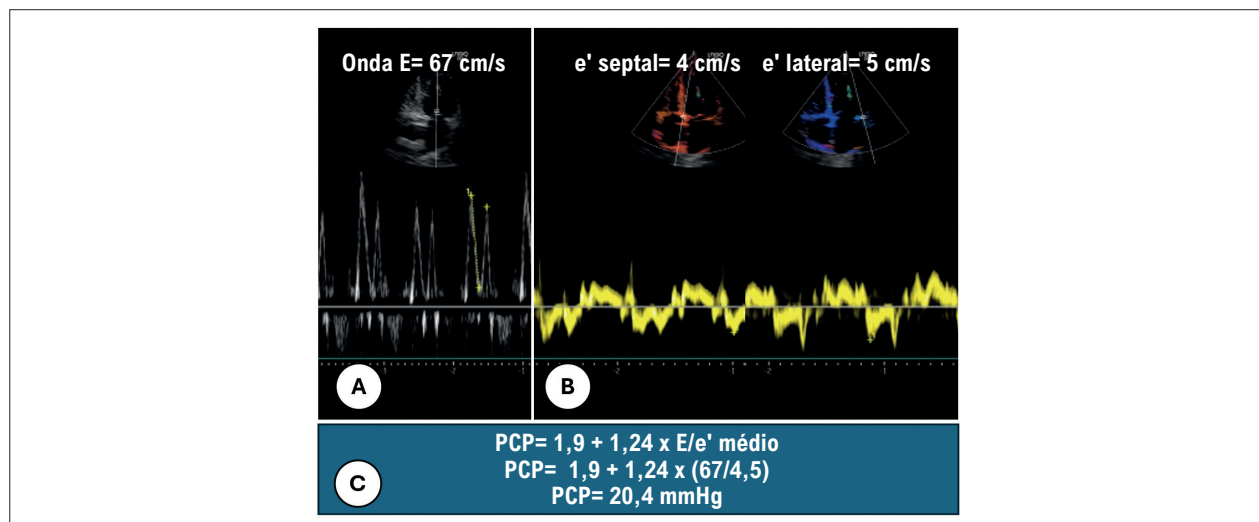


Figura 7 – Cálculo da PCP pela fórmula de Nagueh; A) Ondas E e A do influxo mitral ao Doppler pulsado; B) Onda e' do anel mitral ao Doppler tecidual; C) Fórmula de Nagueh com a estimativa de um significativo incremento da PCP.

Tabela 5 – Classificação dos níveis das pressões pulmonares segundo a diretriz de 2025 da Sociedade Americana de Ecocardiografia (ASE)

Variável	Valor de normalidade	Graduação da anormalidade		
		Discreto	Moderado	Importante
Velocidade da IT	< 2,8m/s	2,8 -3,1m/s	3,2 - 3,5m/s	≥3,6m/s
PSAP	≤34mmHg	35 – 49 mmHg	50 -69 mmHg	≥70mmHg
PAD	0 a 4 (Média 3 mmHg)	5 a 9 (Média 8 mmHg)	10 a 14 mmHg	≥15mmHg
TAc pulmonar	>105ms	80 – 105ms	61 -79ms	≤ 60ms

RVP: Resistência Vascular Pulmonar; IT: Insuficiência Tricúspide; PSAP: Pressão Sistólica da Artéria Pulmonar; PAD: Pressão do Átrio Direito; TAc: Tempo de Aceleração³

- Por utilizarem o método Doppler, essas variáveis sofrem influência do ângulo de insonação.
- Em pacientes com valvopatias mitrais significativas, a onda A pode estar aumentada pela valvopatia, limitando a análise da PCP.
- A avaliação da PCP é prejudicada na presença de arritmias.

Resumo das principais advertências e armadilhas

1. Meça a borda primária mais densa do sinal Doppler de onda contínua (“queixo”) e não os espectros tênues (“barba”), otimizando o ganho e o brilho de múltiplos planos de imagem.
2. Agentes ultrassonográficos de realce, contraste sanguíneo-salino e solução salina agitada podem ser usados para aumentar o sinal Doppler, melhorando a acurácia diagnóstica.
3. Posicione o feixe de ultrassom paralelo à direção do fluxo sanguíneo, idealmente em um ângulo <20° para minimizar qualquer erro na medição da velocidade.
4. Se houver IT significativa, o formato do sinal Doppler de onda contínua pode ajudar a orientar a precisão das estimativas da PSVD. Um contorno Doppler de onda contínua triangular subestimar a PSVD, enquanto a precisão é melhorada com um contorno Doppler parabólico.
5. Não considere a velocidade após uma pausa ou contração prematura (extrassístole).
6. Considere a velocidade média ao longo de cinco a sete batimentos em pacientes com arritmia.
7. Realizar a medida da VCI com uma visualização de suas paredes durante todo o período respiratório, evitando uma possível falsa colapsabilidade por erro de amostragem.
8. O envelhecimento fisiológico e o aumento do área de superfície de massa corporal podem aumentar a PSAP sem necessariamente significar patologia.

Interpretação clínica

Embora existam vários métodos ecocardiográficos para calcular a PMAP, o relato padrão da PSVD é geralmente

preferido por vários motivos. Primeiro, o PSVD é medido diretamente a partir da velocidade de pico do jato de regurgitação tricúspide, tornando-o uma estimativa mais direta e confiável. Em contraste, métodos como o TAc da VSVD e a estimativa da PMAP e PDAP dependem de cálculos e suposições indiretas, que podem induzir a erros de medição.

A correta quantificação e estratificação das pressões pulmonares irá permitir a estratificação das pressões pulmonares em discreto, moderado e importante. Essa classificação foi retomada no *guideline* de avaliação de ecocardiograma do coração direito em adultos e considerações especiais na HP da Sociedade Americana de Ecocardiografia (ASE) e gradua a anormalidade dos valores apresentados na Tabela 5.

Devido à significativa limitação na correta identificação da PAD, a HP pode ser avaliada considerando apenas a velocidade máxima da IT de modo a evitar erros de inferência, parâmetro que já havia sido corroborado pela diretriz europeia de cardiologia (ESC) em seu *guideline* de HP de 2022.

A avaliação definitiva da PMAP para diagnóstico, classificação e início da terapia farmacológica para HP requer medição hemodinâmica direta por cateterismo cardíaco direito invasivo.

Conclusão

A avaliação das pressões pulmonares tem sido um pilar na identificação de pacientes adultos e pacientes com doenças congênitas que apresentam um pior prognóstico clínico. A identificação dos níveis pressóricos pulmonares ainda é fundamentada na quantificação invasiva por meio da avaliação hemodinâmica, sendo esse o método padrão ouro. A ecocardiografia com Doppler aparece como uma excelente alternativa na estratificação inicial desses pacientes, adicionando outros parâmetros como a função ventricular e avaliação valvar.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa, redação do manuscrito e revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Silva HAGP, Gomes HM.

Artigo de Revisão

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

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. Humbert M, Kovacs G, Hoeper MM, Badagliacca R, Berger RMF, Brida M, et al. 2022 ESC/ERS Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension. *Eur Respir J*. 2023;61(1):2200879. doi: 10.1183/13993003.00879-2022.
2. Holen J, Simonsen S. Determination of Pressure Gradient in Mitral Stenosis with Doppler Echocardiography. *Br Heart J*. 1979;41(5):529-35. doi: 10.1136/hrt.41.5.529.
3. Hatle L, Angelsen BA, Tromsdal A. Non-Invasive Assessment of Aortic Stenosis by Doppler Ultrasound. *Br Heart J*. 1980;43(3):284-92. doi: 10.1136/hrt.43.3.284.
4. Galiè N, McLaughlin VV, Rubin LJ, Simonneau G. An Overview of the 6th World Symposium on Pulmonary Hypertension. *Eur Respir J*. 2019;53(1):1802148. doi: 10.1183/13993003.02148-2018.
5. Mukherjee M, Rudski LG, Addetia K, Afalo J, D'Alto M, Freed BH, et al. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults and Special Considerations in Pulmonary Hypertension: Recommendations from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2025;38(3):141-86. doi: 10.1016/j.echo.2025.01.006.
6. D'Alto M, Di Maio M, Romeo E, Argiento P, Blasi E, Di Vilio A, et al. Echocardiographic Probability of Pulmonary Hypertension: A Validation Study. *Eur Respir J*. 2022;60(2):2102548. doi: 10.1183/13993003.02548-2021.
7. Badesch DB, Champion HC, Sanchez MAG, Hoeper MM, Loyd JE, Manes A, et al. Diagnosis and Assessment of Pulmonary Arterial Hypertension. *J Am Coll Cardiol*. 2009;54(1 Suppl):S55-S66. doi: 10.1016/j.jacc.2009.04.011.
8. Mahan G, Dabestani A, Gardin J, Allfie A, Burn C, Henry W. Estimation of Pulmonary Artery Pressure by Pulsed Doppler Echocardiography. *Circulation*. 1983;68(3):367.
9. Dabestani A, Mahan G, Gardin JM, Takenaka K, Burn C, Allfie A, et al. Evaluation of Pulmonary Artery Pressure and Resistance by Pulsed Doppler Echocardiography. *Am J Cardiol*. 1987;59(6):662-8. doi: 10.1016/0002-9149(87)91189-1.
10. Chemla D, Castelain V, Humbert M, Hébert JL, Simonneau G, Lecarpentier Y, et al. New Formula for Predicting Mean Pulmonary Artery Pressure Using Systolic Pulmonary Artery Pressure. *Chest*. 2004;126(4):1313-7. doi: 10.1378/chest.126.4.1313.
11. Aduen JF, Castello R, Lozano MM, Hepler GN, Keller CA, Alvarez F, et al. An Alternative Echocardiographic Method to Estimate Mean Pulmonary Artery Pressure: Diagnostic and Clinical Implications. *J Am Soc Echocardiogr*. 2009;22(7):814-9. doi: 10.1016/j.echo.2009.04.007.
12. Abbas AE, Franey LM, Marwick T, Maeder MT, Kaye DM, Vlahos AP, et al. Noninvasive Assessment of Pulmonary Vascular Resistance by Doppler Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2013;26(10):1170-7. doi: 10.1016/j.echo.2013.06.003.
13. Nagueh SF, Middleton KJ, Kopelen HA, Zoghbi WA, Quiñones MA. Doppler Tissue Imaging: A Noninvasive Technique for Evaluation of Left Ventricular Relaxation and Estimation of Filling Pressures. *J Am Coll Cardiol*. 1997;30(6):1527-33. doi: 10.1016/s0735-1097(97)00344-6.
14. Garcia MJ, Ares MA, Asher C, Rodriguez L, Vandervoort P, Thomas JD. An Index of Early Left Ventricular Filling that Combined with Pulsed Doppler Peak E Velocity May Estimate Capillary Wedge Pressure. *J Am Coll Cardiol*. 1997;29(2):448-54. doi: 10.1016/s0735-1097(96)00496-2.



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