

Ultrassonografia da Veia Cava Inferior na Avaliação do Volume Intravascular e Fluido-Responsividade em Pacientes Críticos: Uma Revisão Sistemática

Inferior Vena Cava Ultrasound for Assessing Volume Status and Fluid Responsiveness in Critically Ill Patients: A Systematic Review

Djalma Gomes Xavier Filho¹, Akeme Laissa Novais Coutinho¹, Romero Henrique de Almeida Barbosa¹, Matheus Rodrigues Lopes¹, Adirlene Pontes de Oliveira Tenório¹

Universidade Federal do Vale do São Francisco,¹ Paulo Afonso, BA, Brasil.

Resumo

Fundamento: A avaliação do volume intravascular e da fluido-responsividade é uma condição desafiadora no manejo de pacientes críticos. Os métodos diagnósticos precisam garantir segurança, reprodutibilidade e praticidade no monitoramento hemodinâmico. **Objetivo:** Descrever a aplicabilidade dos índices ultrassonográficos da veia cava inferior na avaliação do volume intravascular e na predição da fluido-responsividade em pacientes críticos. **Método:** Trata-se de revisão sistemática realizada por meio das bases de dados PubMed®, Lilacs e SciELO nos 5 anos anteriores. Os descritores utilizados foram “inferior vena cava”, “ultrasonography”, “fluid-responsiveness” e “volume status”. **Resultados:** Foram selecionados 13 artigos compatíveis com os objetivos deste estudo. O índice de colapsibilidade da veia cava inferior variou de 25% a 50% como ponto de corte para definição de hipovolemia. Além disso, apresentou aplicabilidade na predição da fluido-responsividade em pacientes sob respiração espontânea, com pontos de corte variando de 25% a 57%. Em cenários de ventilação mecânica, o índice de distensibilidade da veia cava inferior mostrou-se mais eficaz, quando comparado às demais medidas, para predição de fluido-responsividade, mas foi encontrada variação de 10,2% a 20,5%. O índice diâmetro da veia cava inferior/diâmetro da artéria aorta foi especialmente útil na população pediátrica para definição do volume intravascular, mas em adultos existiram muitas divergências quanto à sua aplicabilidade. **Conclusão:** A avaliação do volume intravascular e da fluido-responsividade por meio dos índices ultrassonográficos da veia cava inferior apresenta aplicabilidade e segurança no diagnóstico e no monitoramento da instabilidade hemodinâmica. Entretanto, são necessários estudos de padronização de valores em razão das divergências quanto aos pontos de corte utilizados em cada índice.

Palavras-chave

Ultrassonografia; Veia cava inferior; Estado de hidratação do organismo; Hemodinâmica; Unidade de terapia intensiva.

Correspondência: Matheus Rodrigues Lopes •

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Paulo Afonso – Rua da Aurora, s/n, quadra 27, lote 3 – Alves de Souza – CEP: 48607-190 – Paulo Afonso, BA, Brasil. E-mail: matheuslopesbio@gmail.com

Artigo recebido em 3/5/2021; revisado em 4/1/2021; aceito em 4/9/2021

DOI: 10.47593/2675-312X/20213403eabc193

Introdução

A avaliação do volume intravascular é uma condição bastante desafiadora para o manejo de pacientes críticos. A história clínica e o exame físico fornecem as primeiras informações sobre a volemia. Todavia, ainda que combinados com exames laboratoriais, radiografia de tórax, observação da pressão venosa central e pós-carga cardíaca, esses parâmetros não demonstram precisão e nem confiabilidade suficientes para diagnosticar o real estado do volume intravascular, particularmente em quadros de hipovolemia não associada à perda sanguínea.¹

O manejo do paciente crítico com instabilidade hemodinâmica é realizado conforme a definição do volume intravascular e com base na melhora ou na piora dos parâmetros hemodinâmicos, em razão da realização de testes terapêuticos. Os métodos de diagnóstico para essa finalidade necessitam de segurança, reprodutibilidade, reprodutibilidade e monitoramento contínuo, uma vez que as terapias de reposição de fluidos acarretam repercussões de perfusão sistêmica e influenciam no risco de falência orgânica.²

A fluido-responsividade é genericamente definida como aumento de 10% a 15% no volume sistólico após infusão de cristalóide. A reposição volêmica é realizada no intuito de melhorar a oferta de oxigênio aos tecidos, por meio do aumento da pós-carga e do débito cardíaco. Entretanto, somente 50% dos pacientes críticos encontram-se na porção ascendente da curva de Frank-Starling, ou seja, são capazes de aumentar o débito cardíaco em resposta ao aumento da pré-carga. A sobrecarga volumétrica em corações insuficientes está associada à permanência sob suporte de ventilação mecânica, à elevação da incidência de injúria renal aguda e ao aumento da mortalidade.^{3,4}

Nos últimos anos, diante dessas limitações, a ultrassonografia da Veia Cava Inferior (VCI) tem sido amplamente utilizada como método diagnóstico não invasivo do volume intravascular e da predição da fluido-responsividade. A VCI é o meio pelo qual acontece a maior parte do retorno venoso ao coração. É possível considerar que corretas avaliações de seu diâmetro, bem como sua dinâmica durante os ciclos respiratórios, fornecem estimativa aproximada da pré-carga ventricular e, conseqüentemente, da relação desta com a pós-carga e o débito cardíaco.⁵

Na prática clínica, não existem métodos de avaliação direta da pré-carga, a qual é tradicionalmente estimada por meio de medidas estáticas, como a pressão venosa central e a pressão de oclusão da artéria pulmonar, ou medidas dinâmicas, como



Revisão Sistemática

a variação do volume de ejeção e a pressão de pulso. A maior parte desses métodos diagnósticos é invasiva e não isenta de riscos para os pacientes.⁶

Diante dos desafios para a definição da volemia e do manejo de fluidos em pacientes críticos, são justificáveis os esforços que buscam avaliar a aplicabilidade da ultrassonografia da VCI, como método alternativo, seguro e não invasivo.

O objetivo do estudo foi descrever a aplicabilidade dos índices ultrassonográficos na avaliação do volume intravascular e na predição da fluido-responsividade em pacientes críticos.

Métodos

Trata-se de uma revisão sistemática da literatura, seguindo as recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA),⁷ cujo objetivo foi responder à seguinte pergunta de pesquisa: “Qual a aplicabilidade dos índices ultrassonográficos da VCI para avaliação do volume intravascular e predição da fluido-responsividade em pacientes críticos?”. Para elaboração da pergunta norteadora, foi utilizada a estratégia PICOS, conforme descrito na Tabela 1.

Estratégia de busca e seleção dos estudos

Foi realizado um levantamento bibliográfico de estudos indexados até 9 de outubro de 2020 nas bases de dados MEDLINE® via PubMed®, Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (Lilacs) e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO). A estratégia de busca compreendeu a pesquisa dos descritores “*inferior vena cava*”, “*ultrasonography*”, “*fluid-responsiveness*”, “*volume status*” e “*critical care*”, que constam no *Medical Subject Headings* (MeSH), da *National Library of Medicine* (NLM), além de seus respectivos equivalentes em português. O processo de busca nas bases de dados pode ser visualizado na Tabela 2.

Critérios de elegibilidade

Foram utilizados como critérios de elegibilidade o tipo de estudo (artigos originais, revisão sistemática e metanálise) e o

idioma de publicação (artigos de língua inglesa e portuguesa). Considera-se que a inclusão do aprendizado em ultrassonografia de cuidados críticos na formação do médico intensivista é recente, portanto, para essa revisão, utilizou-se como critério de inclusão o período de publicação compreendido entre os anos de 2015 a 2020, artigos de livre acesso, trabalhos disponíveis na íntegra e que tiveram como objetivo principal analisar a aplicabilidade dos índices ultrassonográficos da VCI, isolados ou em conjunto, na avaliação do volume intravascular e na predição da fluido-responsividade. Foram considerados pacientes críticos aqueles com sinais clínicos e laboratoriais de falência circulatória aguda, ou seja, com pressão sistólica < 90 mmHg ou pressão arterial média < 65mmHg; diminuição do débito urinário < 0,5 mL/kg/hora; taquicardia persistente; pH < 7,3 e lactato > 2 meq/L.

Foram excluídos artigos de revisão simples, cartas ao editor e estudos com modelo animal. Além disso, excluíram-se também estudos nos quais não se achava clareza quanto ao cálculo utilizado para obtenção do índice ultrassonográfico avaliado.

Extração e análise dos dados

Inicialmente, os títulos e os resumos identificados na estratégia de busca foram analisados por dois revisores independentes, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. Na etapa posterior, os mesmos revisores realizaram a leitura completa dos artigos selecionados para a confirmação dos critérios de elegibilidade de forma independente. Divergências foram resolvidas por consenso entre os dois revisores. A avaliação da qualidade metodológica foi realizada de forma descritiva e independente. Não houve revisão às cegas quanto aos autores e instituições dos estudos pesquisados.

Depois da triagem inicial, a análise dos dados foi realizada de maneira descritiva, utilizando-se uma ficha padronizada de extração de dados. Os seguintes elementos foram extraídos pelos autores: Índice de Colapsibilidade da VCI (VCIci), Índice de Distensibilidade da VCI (VCI di), Índice Diâmetro da VCI/ Diâmetro da Artéria Aorta (VCI/Ao), caracterização e número dos pacientes envolvidos, tipo e período do estudo, idioma e principais resultados e conclusões observadas.

Tabela 1 - Componentes da pergunta de pesquisa, seguindo-se o anagrama PICOS.

Descrição	Abreviação	Componentes da pergunta
População, paciente ou problema	P	Pacientes sob ventilação mecânica ou espontânea, com sinais clínicos ou laboratoriais de falência circulatória aguda
Intervenção	I	Diâmetro da VCI foi analisado no modo ultrassonográfico M, e a variabilidade do diâmetro de acordo com a fase respiratória foi obtida a partir do cálculo do seguinte índice: VCIci obtido pela função $VCIci = [(diâmetro\ expiratório\ final - diâmetro\ inspiratório\ final) / (diâmetro\ expiratório\ final)] \times 100$; o VCI di foi calculado por $VCI\ di = [(diâmetro\ máximo - diâmetro\ mínimo) / (diâmetro\ mínimo)] \times 100$. ⁸ O VCI/Ao foi obtido pela razão das medidas do diâmetro máximo da veia cava inferior e da Ao ⁹
Comparação, controle, comparador	C	Avaliação do volume intravascular foi realizada pela comparação com a PVC. Para análise comparativa de fluido-responsividade, foram utilizados, além da PVC, a variação da pressão de pulso, a variação do volume de ejeção e o débito cardíaco
Desfechos (<i>outcomes</i>)	O	Aplicabilidade de VCIci, VCI di, VCI/Ao para avaliação do volume intravascular e predição de fluido-responsividade
Delineamento do estudo (<i>study design</i>)	S	Artigos originais e revisões sistemáticas

VCI: veia cava inferior; VCIci: índice de colapsibilidade da veia cava inferior; VCI di: índice de distensibilidade da veia cava inferior; VCI/Ao: índice diâmetro da veia cava inferior/diâmetro da artéria aorta; PVC: pressão venosa central.

Resultados

Inicialmente, 130 (81,8%) estudos foram identificados na base de dados PubMed®. Nas plataformas Lilacs e SciELO, foram encontrados 15 (9,4%) e 14 (8,8%) trabalhos, respectivamente. Do total de 159 artigos, 18 (11,3%) foram eliminados por serem duplicados. A partir dos 141 relatos resultantes da etapa de identificação, 108 (76,6%) foram excluídos após a leitura dos títulos e resumos, uma vez que não atendiam ao objetivo proposto por este estudo. Chegou-se ao total de 33 artigos em texto completo avaliados para elegibilidade.

Após a leitura completa dos 33 estudos elegíveis, 21 (63,63%) foram excluídos: nove (27,27%) trabalhos foram

realizados em outros ambientes que não o de cuidados intensivos, nove (27,27%) não apresentavam clareza quanto ao método de cálculo do índice ultrassonográfico avaliado, e três (9,09%) foram realizados em modelos animais. Por fim, chegou-se à amostra final de 12 artigos científicos, cujo processo de seleção pode ser visualizado na Figura 1.

Os 12 artigos originais foram do tipo observacional. Destes, três (25%) estudos foram realizados em crianças e nove (75%) com adultos. O número total de pacientes avaliados foi 1.047 indivíduos. Cinco estudos (41,66%) foram realizados em pacientes sob ventilação mecânica, um estudo (8,33%) foi realizado em pacientes com ventilação espontânea, mas

Tabela 2 - Processo de busca nas bases de dados MEDLINE® via PubMed®, Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde e Scientific Electronic Library Online.

MEDLINE® via PubMed®	#1	(((Vena Cava, Inferior[MeSHTerms]) OR (Inferior Vena Cavas[MeSHTerms])) OR (Vena Cavas, Inferior[MeSHTerms])) OR (Inferior Vena Cava[MeSHTerms]) OR (Inferior Vena Cava)	
	#2	((((((((((((Ultrasound[MeSH Terms]) OR (Diagnostic Ultrasound[MeSH Terms])) OR (Diagnostic Ultrasounds[MeSH Terms])) OR (Ultrasound, Diagnostic[MeSH Terms])) OR (Ultrasounds, Diagnostic[MeSH Terms])) OR (Ultrasound Imaging[MeSH Terms])) OR (Imaging, Ultrasound[MeSH Terms])) OR (Imagings, Ultrasound[MeSH Terms])) OR (Ultrasound Imaging[MeSH Terms]) OR (Imaging, Ultrasonic[MeSH Terms])) OR (Sonography, Medical[MeSH Terms])) OR (Medical Sonography[MeSH Terms])) OR (Ultrasonographic Imaging[MeSH Terms])) OR (Imaging, Ultrasonographic[MeSH Terms])) OR (Imagings, Ultrasonographic[MeSH Terms])) OR (Ultrasonographic Imagings[MeSH Terms])) OR (Ultrasonography)	
	#3	((((Critical Care[MeSH Terms]) OR (Care, Critical[MeSH Terms])) OR (Intensive Care[MeSH Terms])) OR (Care, Intensive[MeSH Terms])) OR (Surgical Intensive Care[MeSH Terms])) OR (Care, Surgical Intensive[MeSH Terms])) OR (Intensive Care, Surgical[MeSH Terms])	
	#4	Fluid-responsiveness	
	#5	Volume status	
	#6	((#1 AND #2 AND #3) AND #4)	
	#7	((#1 AND #2 AND #3) AND #5)	
	#8	Ultrassonografia [MeSHTerms] or Diagnóstico por Ultrassom [MeSHTerms] or Ultrasonography [MeSHTerms]	
	#9	Veia Cava Inferior [MeSHTerms] or Vena Cava, Inferior [MeSHTerms] or Inferior Vena Cava [MeSHTerms]	
	#10	Cuidado Intensivo [MeSHTerms] or Cuidados Intensivos [MeSHTerms] or Critical Care [MeSHTerms]	
	Lilacs/ SciELO	#11	Fluid-responsiveness
		#12	Volume status
		#13	((#8 AND #9 AND #10) AND #11)
		#14	((#8 AND #9 AND #10) AND #12)

Lilacs: Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde; SciELO: Scientific Electronic Library Online.

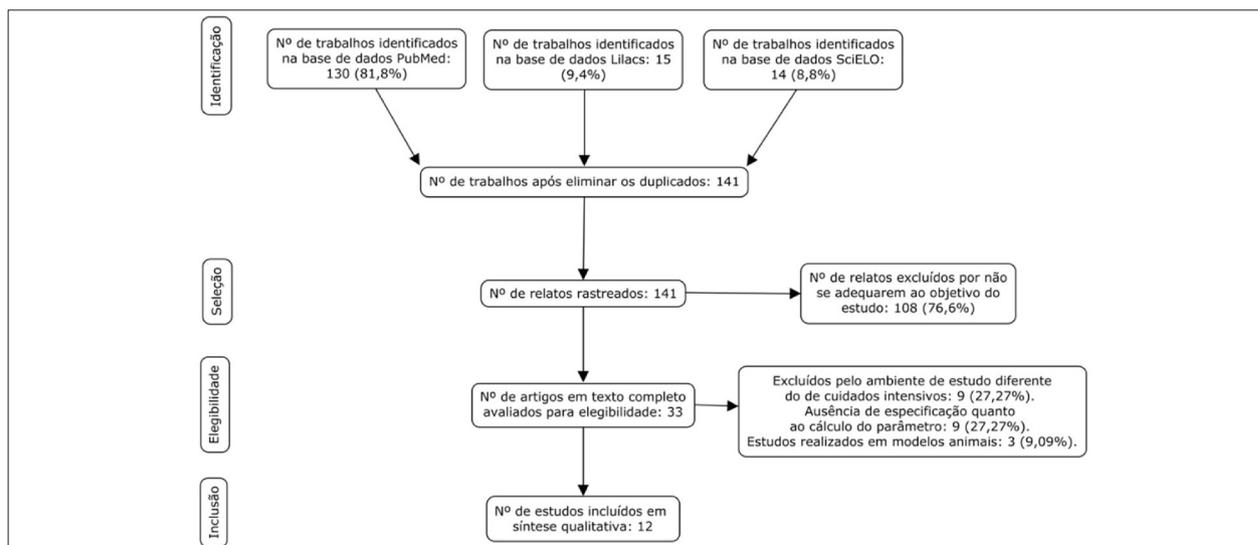


Figura 1 – Fluxograma da pesquisa de artigos para a revisão sistemática.

Revisão Sistemática

recebendo suporte ventilatório, e seis (50%) foram realizados em pacientes com ventilação espontânea.

Não houve variação significativa nos estudos quanto ao método de aquisição das medidas do diâmetro da VCI e sua variação durante o ciclo respiratório. Todas as medidas foram realizadas no modo M ultrassonográfico. Os objetivos de cada estudo consistiam em demonstrar, isolada ou comparativamente, a sensibilidade e a especificidade dos pontos de corte de cada índice para avaliação do volume intravascular e predição da fluido-responsividade (Tabela 3).

Índice de colapsibilidade da veia cava inferior

Babaie et al. constataram forte correlação linear negativa entre a PVC e o VClci em estudo observacional prospectivo com 70 crianças internadas em unidade de terapia intensiva, sob suporte de ventilação mecânica. Identificaram-se sensibilidade 45,5% e especificidade de 91,7% para predição de hipovolemia com VClci0,5 e com PVC \leq 8 cmH₂O.¹⁰

Para pacientes adultos com respiração espontânea recebendo diferentes suportes de pressão positiva, Saritas et al. constataram que o VClci apresentou redução significativa do grupo hipovolêmico (PVC < 8 cmH₂O) para o grupo hipervolêmico (PVC > 12 cmH₂O). Entretanto, os valores do índice foram menores que 0,5 em todos os cenários de pressão positiva. Dessa maneira, o ponto de corte do VClci de 0,5 foi considerado insuficiente para distinguir o estado hipervolêmico do hipovolêmico. Por sua vez, nenhuma relação inversamente proporcional foi encontrada entre a PVC e o VClci. No entanto, o índice menor que 0,5 foi associado à hipovolemia com PVC < 8cmH₂O, o que difere dos resultados de outros estudos, nos quais o VClci \geq 0,5 é associado a estados hipovolêmicos. Em relação à predição da fluido-responsividade, encontrou-se que pacientes seriam responsivos a fluidos nos cenários de PVC \geq 10 cmH₂O e VClci < 25%.¹¹

Em análise semelhante em cenários de ventilação espontânea, mas sem suporte de pressão positiva, Preaue et al. identificaram o valor para VClci \geq 48% após expansão volêmica como ponto de corte para predição de fluido-responsividade em pacientes sépticos, com falência circulatória aguda. A sensibilidade e a especificidade apresentadas foram, respectivamente, de 84% e 90%.¹² Por outro lado, Airapetian et al., em estudo realizado com pacientes sob ventilação espontânea, constataram que o VClci não demonstrou aplicabilidade em prever a fluido-responsividade, uma vez que foram encontrados apenas 31% de sensibilidade e 97% de especificidade para pacientes considerados responsivos a fluidos com VClci > 42%. Todavia, é preciso considerar que a amostra do estudo foi pequena, e a PVC não foi mensurada como medida comparativa de fluido-responsividade.¹³

Corl et al. realizaram estudo com 124 pacientes sob ventilação espontânea. O ponto de corte do VClci de 25% obteve 87% de sensibilidade e 81% de especificidade. Esse menor valor do ponto de corte foi capaz de gerar menores taxas (16,1%) de classificação incorreta quanto à fluido-responsividade. Em comparação a valores do ponto de corte de VClci de 40% e 42%, as taxas de erro encontradas foram de 34,7% e 36,3%, respectivamente.¹⁴

Para crianças internadas em unidade terapia intensiva com sepse, Long et al. encontraram baixo valor preditivo para identificação de resposta à terapia com fluidos, por meio da utilização do VClci > 57%. A sensibilidade apresentada foi de 44% e a especificidade, de 33%. Entretanto, é preciso considerar como fator limitante a amostra utilizada de apenas de 33 crianças.¹⁵ Em conjuntos, os dados sugerem que o ponto de corte do VClci para predição de fluido-responsividade é bastante heterogêneo, variando de 25% a 57%, e fatores, como a faixa pediátrica e a presença de sepse, contribuem para os distintos pontos de corte.

Índice de distensibilidade da veia cava inferior

O VCldi é considerado bom preditor da resposta à expansão volumétrica. Em estudo realizado com 20 pacientes sob ventilação mecânica de Oliveira et al., constatou-se o valor preditivo de fluido-responsividade para o ponto de corte do VCldi de 16%. A sensibilidade e a especificidade apresentadas foram de 67% e de 100%, respectivamente.¹⁶

Resultado diferente foi encontrado por Vignon et al., em amostra com 319 pacientes sob falência circulatória aguda. O ponto de corte para VCldi de 13% mostrou sensibilidade de 44% e especificidade de 85%. Em comparação a outros índices de predição de fluido-responsividade, como variação da pressão de pulso e variações respiratórias do diâmetro da veia cava superior, o VCldi apresentou valor preditivo inferior em relação aos demais.¹⁷

Lu et al., em estudo com 49 pacientes diagnosticados com choque séptico, encontraram ponto de corte para o VCldi de 20,5% na predição de fluido-responsividade. Esse valor demonstrou 67% de sensibilidade e 77% de especificidade. O VCldi foi considerado útil para predição da resposta à reposição de fluidos durante o monitoramento contínuo e não invasivo do estado hemodinâmico em pacientes sob ventilação mecânica.¹⁸ Em contraste, Theerawit et al. demonstraram que o ponto de corte menor (10,2%) foi associado à sensibilidade de 75% e à especificidade de 76,9% em estudo com 29 pacientes com choque séptico sob ventilação mecânica.¹⁹ Embora o ponto de corte da VCldi tenha apresentado variações de 10,2% a 20,5%, pacientes em choque séptico apresentam melhores resultados de sensibilidade e especificidade na predição de fluido-responsividade.

Saritas et al. compararam o valor preditivo dos índices ultrassonográficos da VCI (VCldi e VClci) para predição do *status* volumétrico em pacientes sob suporte pressórico positivo. As porcentagens dos índices variaram significativamente a cada diferente pressão ventilatória. O VCldi mostrou-se o mais eficaz na estimativa do volume intravascular quando comparado aos outros dois índices. Identificaram-se sensibilidade de 100% e especificidade de 63% para o grupo de pacientes sob suporte pressórico de 0 mmHg e pressão positiva expiratória final (PEEP) de 5 mmHg. No grupo com suporte ventilatório de 10 mmHg e PEEP de 5 mmHg, houve sensibilidade de 98% e especificidade de 68%. Por fim, constatou-se uma relação inversamente proporcional entre a PVC e o VCldi, de modo que o VCldi < 18% esteve associado à PVC > 15 cmH₂O, o que se manifesta, por exemplo, em estados hipervolêmicos.¹¹

Tabela 3 - Resumo dos estudos selecionados.

Autor, país	Pacientes	n	Índice	Objetivo	Sensibilidade (%)	Especificidade (%)	ASC COR (IC95%)
Babaie et al., ¹⁰ Irã	Crianças	70	VCICI/VCIAo	Avaliar o valor preditivo do VCICI ≥ 0,5 e do VCII/Ao ≤ 0,8 para PVC ≤ 8cmH ₂ O	VCICI = 45,5 VCII/Ao = 50,8 PS = 0mmHg PEEP = 5mmHg VCICI = 5,7 VCIdi =100	VCICI = 91,7 VCII/Ao = 87,5 PS = 0 mmHg PEEP = 5mmHg VCICI = 100 VCIdi = 63	NA PS = 0 mmHg PEEP = 5mmHg VCICI = 0,529 VCIdi = 0,816
Sariş et al., ¹¹ Turquia	Adultos	100	VCICI/VCIdi	Avaliar o valor preditivo do VCICI < 0,25 para PVC <8cmH ₂ O; e do VCIdi < 0,18 para PVC ≥ 15cmH ₂ O	PS = 10mmHG PEEP = 5mmHg VCICI = 5,7 VCIdi = 98 PS = 0 mmHg PEEP = 0 mmHg VCICI = 97	PS = 10 mmHg PEEP = 5 mmHg VCICI = 100 VCIdi = 68 PS = 0 mmHg PEEP = 0 mmHg VCICI = 100	PS = 10 mmHg PEEP = 5mmHg VCICI = 0,529 VCIdi = 0,835 PS = 0 mmHg PEEP = 0mmHg VCICI = 0,55
Preau et al., ¹² França	Adultos	90	VCICI	Avaliar o valor preditivo do VCICI ≥ 0,48 para fluido-responsividade	84	90	0,89
Airapetian et al., ¹³ França	Adultos	57	VCICI	Avaliar o valor preditivo do VCICI ≥ 0,42 para fluido-responsividade	31	97	0,62
Corl et al., ¹⁴ Estados Unidos	Adultos	124	VCICI	Avaliar o valor preditivo do VCICI ≥ 0,25 para fluido-responsividade	87	81	0,84
Long et al., ¹⁵ Austrália	Crianças	39	VCICI	Avaliar o valor preditivo do VCICI ≥ 0,57 para fluido-responsividade	44	33	0,38
Oliveira et al., ¹⁶ Brasil	Crianças	20	VCIdi	Avaliar o valor preditivo do ponto de corte do índice VCIdi de 16% para predição da fluido-responsividade	67	100	0,84
Vignon et al., ¹⁷ França	Adultos	319	VCIdi	Avaliar o valor preditivo do ponto de corte do índice VCIdi de 13% para predição da fluido-responsividade	44	85	0,65
Lu et al., ¹⁸ China	Adultos	49	VCIdi	Avaliar o valor preditivo do ponto de corte do índice VCIdi de 20,5% para predição da fluido-responsividade	67	77	0,80
Theerawit et al., ¹⁹ Tailândia	Adultos	29	VCIdi	Avaliar o valor preditivo do ponto de corte do índice VCIdi de 10,2% para predição da fluido-responsividade	75	76,9	0,69
Salama et al., ²⁰ Egito	Adultos	100	VCII/Ao	Avaliar o valor preditivo do ponto de corte do VCII/Ao < 1,2 para estados hipovolêmicos	96	88	0,96
El-Baradei et al., ⁹ Egito	Adultos	50	VCII/Ao	Avaliar o valor preditivo do ponto de corte do VCII/Ao de 0,8 associado a PVC ≤ 7cmH ₂ O; VCII/Ao de 1,5 para PVC 8-12 cmH ₂ O; VCII/Ao de 1,8 para PVC > 12 cmH ₂ O	VCII/Ao de 0,8 associado a PVC ≤ 7 cmH ₂ O 93 VCII/Ao de 1,5 para PVC 8-12cmH ₂ O 96 VCII/Ao de 1,8 para PVC > 12cmH ₂ O 93	VCII/Ao de 0,8 associado à PVC ≤7 cmH ₂ O 66 VCII/Ao de 1,5 para PVC 8-12cmH ₂ O 42 VCII/Ao de 1,8 para PVC > 12cmH ₂ O 58	NA NA

ASC COR: área sob a curva Característica de Operação do Receptor; IC95%: intervalo de confiança de 95%; VCICI: índice de colapsibilidade da veia cava inferior; VCII/Ao: índice diâmetro da veia cava inferior/diâmetro da artéria aorta; PVC, pressão venosa central; NA, não avaliado; VCIdi: índice de distensibilidade da veia cava inferior; PS: suporte de pressão positiva; PEEP: pressão positiva expiratória final.

Revisão Sistemática

Índice diâmetro da veia cava inferior/diâmetro da artéria aorta

Salama et al. demonstraram boa aplicabilidade do VCI/Ao em prever a ocorrência de hipotensão, após indução por anestesia espinal (ponto de corte VCI/Ao < 1,2). O estudo apresentou sensibilidade de 96% e especificidade de 88%. A habilidade do VCI/Ao em prever a hipotensão foi superior ao VCICI (ponto de corte do VCICI > 44,7%), cuja sensibilidade foi de 88%, especificidade de 77% e acurácia de 84%.²⁰

Babaie et al. encontraram sensibilidade de 50,8% e especificidade de 87,5% para predição de estados hipovolêmicos (PVC < 8 cmH₂O), quando o valor do VCI/Ao considerado é $\leq 0,8$.¹⁰ El-Baradei et al., ao avaliarem o valor do VCI/Ao na predição do volume intravascular pré-operatório e intraoperatório, encontraram valores de PVC ≤ 7 cmH₂O associados com VCI/Ao de 0,8 (sensibilidade de 93% e especificidade de 66%); PVC entre 8 e 12 cmH₂O correlacionou-se com VCI/Ao de 1,5 (sensibilidade de 96% e especificidade de 42%); PVC > 12 cmH₂O foi relacionada com VCI/Ao de 1,8 (sensibilidade de 93% e especificidade de 58%).⁹

Discussão

A estimativa da pré-carga ventricular direita é importante para definição do volume intravascular e predição da fluido-responsividade, uma vez que a relação entre o volume de enchimento diastólico e o volume sistólico é principalmente influenciada pelo mecanismo de Frank-Starling. O aumento ou a diminuição da pré-carga no ventrículo direito traduz-se em variação do volume sistólico do ventrículo esquerdo.³

Diante dessa perspectiva, a avaliação ultrassonográfica da VCI é um método não invasivo, instantâneo e apresenta boa correlação com a pré-carga ventricular e o volume de sangue circulante. Em pacientes hipovolêmicos, espera-se a observação de uma imagem de um vaso depletado ou colapsado. No entanto, em condições que cursam com hipervolemia, a VCI apresenta-se dilatada ou com colapso respiratório ausente.⁵ Isso ocorre porque, durante o ciclo respiratório, a VCI atinge seu diâmetro máximo e mínimo em razão das interações entre coração e pulmão. Isso é, na respiração espontânea, a inspiração induz o aumento da pressão intra-abdominal, dado o movimento diafragmático em direção a essa cavidade. Assim, a VCI diminui seu diâmetro. Já na expiração, pela diminuição da pressão abdominal, ocorre aumento do diâmetro do vaso.²¹

A ventilação mecânica com pressões positivas aumenta substancialmente a pressão intratorácica, o que reduz a pré-carga cardíaca e o volume sistólico. Dessa maneira, o diâmetro da VCI será máximo na inspiração e mínimo na expiração.^{22,23} Assim, a ultrassonografia avalia a variabilidade do diâmetro da VCI (Δ VCI) durante o ciclo respiratório, espontâneo ou mecânico, para estabelecimento do volume intravascular e predição da fluido-responsividade.^{21,24}

Para pacientes em respiração espontânea, o Δ VCI é representada pelo VCICI.⁸ O índice de colapsabilidade em pessoas saudáveis durante o ciclo respiratório varia com média de 38%. Valores obtidos acima ou abaixo desse valor foram considerados achados anormais, que merecem investigações posteriores.²⁵ Nos estudos analisados por esta

revisão, os pontos de corte para o VCICI variaram de 0,25 a 0,5, para determinação de estados hipovolêmicos. No entanto, é importante ressaltar que quanto maior o ponto de corte do VCICI, menor a capacidade de distinguir o estado hipervolêmico do hipovolêmico.

A PVC é um dos métodos mais bem estabelecidos na prática clínica no acesso ao volume intravascular. Estudo com cem pacientes internados em unidade de terapia intensiva objetivou identificar a relação entre a PVC e as medidas ultrassonográficas da VCI. Constatou-se relação inversamente proporcional entre a PVC e o VCICI, ou seja, quanto maior o VCICI, menor a PVC, indicando hipovolemia.² Esses dados corroboram estudo de Babaie et al., realizado com crianças na faixa etária entre 1 mês e 12 anos, em cenários de ventilação mecânica. Por outro lado, Saritas et al. não encontraram correlação linear negativa entre a PVC e o VCICI para todos os cenários de ventilação espontânea sob suporte ventilatório avaliados.

O Δ VCI em pacientes sob ventilação mecânica é representada por VCIDI e por VCIDV.⁸ O uso do Δ VCI em pacientes sob ventilação mecânica é recomendado pelo consenso sobre choque e monitorização hemodinâmica da *European Society of Intensive Care Medicine* (ESICM) como um dos índices de medidas dinâmicas para definição da fluido-responsividade.²⁶

Entretanto, existem muitas divergências nos estudos avaliados quanto aos pontos de corte utilizados para o VCIDI na predição da fluido-responsividade. Os valores variaram de 10,2% a 20,5%, com predominância de estudos que encontraram pontos abaixo de 17%. Apenas Lu et al. encontraram valor do VCIDI de 20,5%.¹⁸ Em revisão sistemática e metanálise acerca da acurácia do VCIDI na definição do volume intravascular em pacientes sob ventilação mecânica, constatou-se que, em cenários de PEEP ≤ 5 cmH₂O e volume corrente ≥ 8 mL/kg, o VCIDI de 16% mostrou precisão na predição da fluido-responsividade, com 80% de sensibilidade e 94% de especificidade. Por outro lado, em paciente sob PEEP > 5 cmH₂O e volume corrente < 8 mL/kg, o VCIDI de 14% mostrou limitações diagnósticas, com apenas 66% de sensibilidade e 68% de especificidade. Assim, o VCIDI deve ser utilizado com cautela para certos cenários de ventilação mecânica.²¹

Existem correlações significativas entre o diâmetro da VCI e Área de Superfície Corporal (ASC). A estimativa da ASC pode ser desafiadora e demorada em ambiente de emergência e cuidados críticos. Assim, é necessário realizar uma comparação do diâmetro da VCI com um índice que não se altere significativamente com o volume intravascular, mas que possua relação semelhante com o crescimento corporal e ASC.²⁷ Por sua vez, a utilização do Diâmetro da Artéria Aorta (DAAo) como índice comparativo justifica-se por ser um vaso cujo desenvolvimento fetal é simultâneo ao da VCI. Dessa maneira, existe correlação entre idade, sexo e ASC com o DAAo. Todavia, pela característica anatômica dessa artéria, o *status* volumétrico não altera de maneira significativa seu diâmetro. Como consequência, o VCI/Ao foi proposto para facilitar e agilizar o diagnóstico ultrassonográfico do volume intravascular.²⁸

O VCI/Ao desempenha papel relevante na identificação de estados hipovolêmicos e hipervolêmicos, especialmente

na população pediátrica. A avaliação do impacto das características individuais com o VCI/Ao em crianças saudáveis (1 a 13 anos) encontrou variações significativas entre as medidas do diâmetro máximo da VCI e da artéria aorta com as características individuais. Contudo, quando estas foram comparadas ao VCI/Ao, não houve variação significativa. Tal análise constatou que a utilização do VCI/Ao com valor de referência entre 0,68 e 1,4 é útil para definição do *status* volumétrico em crianças.²⁹ Em um dos estudos analisados, Babaie et al. encontraram sensibilidade de apenas 50,8% e especificidade de 87,5% para predição de estados hipovolêmicos em crianças. Ademais, foi observada superioridade do VCI/Ao em relação à aplicabilidade do VCIci em crianças sob ventilação espontânea.¹⁰

Em análise da variação do índice VCI/Ao com as características individuais em adultos saudáveis, houve alteração significativa, uma vez que a artéria aorta foi observada como o componente mais suscetível à influência das características individuais em adultos. Portanto, o VCI/Ao não obteve melhor desempenho do que os outros índices da VCI na predição do *status* volumétrico e da fluido-responsividade.³⁰ Entretanto, nos estudos aqui analisados, encontrou-se aplicabilidade do VCI/Ao em avaliar o volume intravascular, com taxas de sensibilidade e especificidade superiores a 93% e 42%, respectivamente, em pacientes adultos com sinais de instabilidade hemodinâmica. Assim, para identificação da fase inicial do choque hipovolêmico em adultos, estabeleceu-se VCI/Ao médio de 1,14, com desvio-padrão de 0,18 como ponto de corte, e não foi encontrada correlação significativa com as características individuais.³¹

Limitações da ultrassonografia da veia cava inferior

As restrições para avaliação ultrassonográfica da VCI estão relacionadas a múltiplos fatores como hiperinsuflação pulmonar, pneumotórax, presença de gases intestinais e obesidade. Tais condições causam janelas ultrassonográficas inadequadas, o que pode resultar em erros diagnósticos.³ Assim, é razoável considerar esses fatores antes da utilização da ultrassonografia da VCI em pacientes críticos.

A avaliação da fluido-responsividade pelo diâmetro da VCI é realizada assumindo-se sua correlação com pressão atrial direita e desta com a pré-carga. Porém, essas relações possuem limitações, uma vez que as medidas absolutas do diâmetro da VCI refletem suas interações com a pressão atrial, e não com o volume intravascular propriamente dito. A ultrassonografia da VCI admite relação linear positiva entre pressão e volume, assim como o diagnóstico do volume intravascular, por meio da medida estática da PVC. Variações no tônus vascular, na pressão intratorácica ou função cardíaca, alteram diretamente a pressão atrial direita sem manifestar variações na pré-carga.³²

Essa observação pode ser facilmente constatada na prática clínica. Existem quadros com altas pressões de enchimento e VCI normal, outros possivelmente responsivos a fluidos, mas com diâmetro da VCI dilatado. Em casos como infarto agudo do ventrículo direito, tamponamento cardíaco, embolia pulmonar, hipertensão intra-abdominal, asma, doença pulmonar obstrutiva crônica, pacientes ventilados com

pressões positivas, todas essas são condições em que a medida absoluta do diâmetro pode falhar em indicar o diagnóstico do volume intravascular e a fluido-responsividade.⁵ Estudos têm indicado valor superior das medidas dinâmicas (VCIci, VCI di e VCI dv) em relação às medidas estáticas, no diagnóstico da fluido-responsividade nessas condições limites.^{3,32}

Outra limitação importante refere-se à realização da ultrassonografia com o paciente em posição supina para aquisição das imagens. No ambiente de cuidados intensivos, essa posição não é recomendada, pois existe o risco de piora dos mecanismos respiratórios, aumento da pressão intracraniana e aspiração. Ao se analisar a influência da elevação da cabeceira nas mensurações do diâmetro da VCI, observou-se que a elevação de 30°, quando comparada à posição supina, não alterou significativamente a medida máxima e mínima do diâmetro, tampouco o VCIci. Entretanto, a elevação de 45° resultou em diferenças significativas no diâmetro máximo, no diâmetro mínimo, mas para as diferenças no VCIci não houve significância.³³ Por fim, é importante considerar que a avaliação da VCI deve ser integrada à abordagem ultrassonográfica abrangente de múltiplos órgãos (coração, pulmão, outros vasos), o que permite a redução dos efeitos desses agentes limitantes e a realização de diagnóstico mais fidedigno do volume intravascular e da fluido-responsividade.⁵

Limitações do estudo

Dentre as limitações intrínsecas a este estudo, ressalta-se o número limitado de pacientes, uma vez que somente dois estudos analisados apresentaram quantitativo maior ou igual a cem indivíduos. Além disso, foram encontrados poucos estudos originais que corresponderam ao intervalo de tempo proposto. Por fim, no que se refere à padronização dos valores dos índices ultrassonográficos para definição de sua aplicabilidade, encontrou-se variedade dos motivos clínicos que condicionaram os pacientes ao ambiente de cuidados intensivos. Na maior parte dos estudos, os diagnósticos etiológicos não eram listados, apenas relatava-se a falência circulatória aguda como indicação crítica do estado clínico.

Conclusão

A avaliação do volume intravascular e a predição da fluido-responsividade constituem grande desafio no ambiente de cuidados intensivos. Os métodos de diagnóstico tradicionais acarretam potenciais complicações, que contribuem para o agravamento da instabilidade hemodinâmica. Embora os resultados apresentem-se com variações significativas na sensibilidade e na especificidade em pacientes críticos, o uso da ultrassonografia, por meio da análise dos índices da veia cava inferior (índice de colapsibilidade da veia cava inferior, índice de distensibilidade da veia cava inferior e VCI dv), é essencial para o diagnóstico rápido não invasivo e apresenta boa aplicabilidade no manejo do paciente, especialmente quando integrada a uma abordagem ultrassonográfica sistêmica. Entretanto, necessita-se de estudos de padronização de valores em razão das divergências quanto aos pontos de corte utilizado em cada índice.

Revisão Sistemática

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: DG Xavier Filho, APO Tenório; obtenção de dados: DG Xavier Filho, ALN Coutinho; análise e interpretação dos dados: DG Xavier Filho, ALN Coutinho, MR Lopes; redação do manuscrito: DG Xavier Filho; revisão crítica do manuscrito quanto ao

conteúdo intelectual importante: RHA Barbosa, MR Lopes, APO Tenório.

Conflito de interesses

Os autores declaram não terem conflitos de interesse.

Referências

1. Pinho-Gomes AC. Assessing volume status and fluid responsiveness in critical care. *Br J Hosp Med (Lond)*. 2018;79(10):597.
2. Ilyas A, Ishtiaq W, Assad S, Ghazanfar H, Mansoor S, Haris M, et al. Correlation of IVC diameter and collapsibility index with central venous pressure in the assessment of intravascular volume in critically ill patients. *cureus*. 2017;9(2):e1025.
3. Jilil BA, Cavallazzi R. Predicting fluid responsiveness: A review of literature and a guide for the clinician. *Am J Emerg Med*. 2018;36(11):2093-102.
4. Laher AE, Watermeyer MJ, Buchanan SK, Dippenaar N, Simo NC, Motara F, et al. A review of hemodynamic monitoring techniques, methods and devices for the emergency physician. *Am J Emerg Med*. 2017;35(9):1335-47.
5. Blanco P, Volpicelli G. Common pitfalls in point-of-care ultrasound: a practical guide for emergency and critical care physicians. *Crit Ultrasound J*. 2016;8(1):15.
6. Pourmand A, Pyle M, Yamane D, Sumon K, Frasure SE. The utility of point-of-care ultrasound in the assessment of volume status in acute and critically ill patients. *World J Emerg Med*. 2019;10(4):232-8.
7. Moher D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev*. 2015;4(1):1.
8. Basu S, Sharron M, Herrera N, Mize M, Cohen J. Point-of-care ultrasound assessment of the inferior vena cava in mechanically ventilated critically ill children. *J Ultrasound Med*. 2020;39(8):1573-9.
9. El-Baradei GF, El-Shmaa NS. Does caval aorta index correlate with central venous pressure in intravascular volume assessment in patients undergoing endoscopic transurethral resection of prostate? *Saudi J Anaesth*. 2016;10(2):174-8.
10. Babaie S, Behzad A, Mohammadpour M, Reisi M. A Comparison between the bedside sonographic measurements of the inferior vena cava indices and the central venous pressure while assessing the decreased intravascular volume in children. *Adv Biomed Res*. 2018;7:97.
11. Sarıtaş A, Zincircioğlu Ç, Uzun Sarıtaş P, Uzun U, Köse I, Şenoğlu N. Comparison of inferior vena cava collapsibility, distensibility, and delta indices at different positive pressure supports and prediction values of indices for intravascular volume status. *Turk J Med Sci*. 2019;49(4):1170-8.
12. Preau S, Bortolotti P, Colling D, Dewavrin F, Colas V, Voisin B, et al. Diagnostic accuracy of the inferior vena cava collapsibility to predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with sepsis and acute circulatory failure. *Crit Care Med*. 2017;45(3):e290-e7.
13. Airapetian N, Maizel J, Alyamani O, Mahjoub Y, Lorne E, Levrard M, et al. Does inferior vena cava respiratory variability predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients? *Crit Care*. 2015;19:400.
14. Corl KA, George NR, Romanoff J, Levinson AT, Chheng DB, Merchant RC, et al. Inferior vena cava collapsibility detects fluid responsiveness among spontaneously breathing critically-ill patients. *J Crit Care*. 2017;41:130-7.
15. Long E, Duke T, Oakley E, O'Brien A, Sheridan B, Babl FE. Does respiratory variation of inferior vena cava diameter predict fluid responsiveness in spontaneously ventilating children with sepsis. *Emerg Med Australas*. 2018;30(4):556-63.
16. Oliveira OH, Freitas FG, Ladeira RT, Fischer CH, Bafi AT, Azevedo LC, et al. Comparison between respiratory changes in the inferior vena cava diameter and pulse pressure variation to predict fluid responsiveness in postoperative patients. *J Crit Care*. 2016;34:46-9.
17. Vignon P, Repessé X, Bégot E, Léger J, Jacob C, Bouferrache K, et al. Comparison of echocardiographic indices used to predict fluid responsiveness in ventilated patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 2017;195(8):1022-32.
18. Lu N, Xi X, Jiang L, Yang D, Yin K. Exploring the best predictors of fluid responsiveness in patients with septic shock. *Am J Emerg Med*. 2017;35(9):1258-61.
19. Theerawit P, Morasert T, Sutherasan Y. Inferior vena cava diameter variation compared with pulse pressure variation as predictors of fluid responsiveness in patients with sepsis. *J Crit Care*. 2016;36:246-51.
20. Salama ER, Elkashlan M. Pre-operative ultrasonographic evaluation of inferior vena cava collapsibility index and caval aorta index as new predictors for hypotension after induction of spinal anaesthesia: A prospective observational study. *Eur J Anaesthesiol*. 2019;36(4):297-302.
21. Si X, Xu H, Liu Z, Wu J, Cao D, Chen J, et al. Does respiratory variation in inferior vena cava diameter predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients? A systematic review and meta-analysis. *Anesth Analg*. 2018;127(5):1157-64.
22. Levitov A, Marik PE. Echocardiographic assessment of preload responsiveness in critically ill patients. *Cardiol Res Pract*. 2012;2012:819696.
23. Barbier C, Loubières Y, Schmit C, Hayon J, Ricôme JL, Jardin F, et al. Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients. *Intensive Care Med*. 2004;30(9):1740-6.
24. Kimura BJ, Dalugdugan R, Gilcrease GW 3rd, Phan JN, Showalter BK, Wolfson T. The effect of breathing manner on inferior vena caval diameter. *Eur J Echocardiogr*. 2011;12(2):120-3.
25. Patil S, Jadhav S, Shetty N, Kharge J, Puttegowda B, Ramalingam R, et al. Assessment of inferior vena cava diameter by echocardiography in normal Indian population: A prospective observational study. *Indian Heart J*. 2016;68 Suppl 3(Suppl 3):S26-s30.
26. Cecconi M, De Backer D, Antonelli M, Beale R, Bakker J, Hofer C, et al. Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring. Task force of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med*. 2014;40(12):1795-815.
27. Kosiak W, Swieton D, Piskunowicz M. Sonographic inferior vena cava/aorta diameter index, a new approach to the body fluid status assessment in children and young adults in emergency ultrasound--preliminary study. *Am J Emerg Med*. 2008;26(3):320-5.
28. Durajska K, Januszkiewicz E, Szmygel Ł, Kosiak W. Inferior vena cava/aorta diameter index in the assessment of the body fluid status - a comparative study of measurements performed by experienced and inexperienced examiners in a group of young adults. *J Ultrason*. 2014;14(58):273-9.
29. Gui J, Zhou B, Liu J, Ou B, Wang Y, Jiang L, et al. Impact of body characteristics on ultrasound-measured inferior vena cava parameters in Chinese children. *Braz J Med Biol Res*. 2019;52(10):e8122.
30. Gui J, Guo J, Nong F, Jiang D, Xu A, Yang F, et al. Impact of individual characteristics on sonographic IVC diameter and the IVC diameter/aorta diameter index. *Am J Emerg Med*. 2015;33(11):1602-5.
31. Rahman NH, Ahmad R, Kareem MM, Mohammed MI. Ultrasonographic assessment of inferior vena cava/abdominal aorta diameter index: a new approach of assessing hypovolemic shock class 1. *Int J Emerg Med*. 2016;9(1):8.
32. Osman D, Ridet C, Ray P, Monnet X, Anguel N, Richard C, et al. Cardiac filling pressures are not appropriate to predict hemodynamic response to volume challenge. *Crit Care Med*. 2007;35(1):64-8.
33. Bondarsky E, Rothman A, Ramesh N, Love A, Kory P, Lee YI. Influence of head-of-bed elevation on the measurement of inferior vena cava diameter and collapsibility. *J Clin Ultrasound*. 2020;48(5):249-53.