

Monitorização do Débito Cardíaco na Gravidez

Matthew Samuel¹, Stephen Ramage², Sarah Armstrong^{3†}

- 1 Estagiário Especialista em Anestesia, *North West London Healthcare NHS Trust*, Londres, Reino Unido
- 2 Estagiário Especialista em Anestesia, *St George's Hospital*, Londres, Reino Unido
- 3 Consultor em Anestesia Obstétrica e Líder em Anestesia Obstétrica, *Frimley Park Hospital*, Frimley, Reino Unido



Editado por: Gillian Abir, Professor Clínico, Departamento de Anestesiologia, Perioperatório e Terapia da Dor, *Stanford University School of Medicine*, Stanford, CA, EUA; James Brown, Professor Associado, Departamento de Anestesia, *BC Women's Hospital*, Vancouver, BC, Canadá

† E-mail do autor para contato: saraharmstrong1@nhs.net

Publicado em 11 de janeiro de 2022

PONTOS CHAVE

A frequência cardíaca (FC) e a pressão arterial (PA) são marcadores para o débito cardíaco (DC) embora a sensibilidade dos mesmos seja limitada.

$DC \propto FC \times VS$ e DC também estão relacionados a PA e a resistência vascular sistêmica (RVS), conforme demonstrado pela equação $DC \propto PA/RVS$.

Em pacientes acordados é preferível a monitorização mínima e não invasiva do DC do que técnicas invasivas.

O monitoramento do DC é particularmente útil em certas circunstâncias (por exemplo, pacientes grávidas com pré-eclâmpsia de características graves, hemorragia maciça ou cardiomiopatia).

INTRODUÇÃO

Na prática clínica de rotina, a frequência cardíaca (FC) e a pressão arterial (PA) são marcadores substitutos do débito cardíaco (DC), oferta de oxigênio e perfusão tecidual. Embora não se correlacionem totalmente com os valores do DC, esses parâmetros, que são de fácil obtenção, costumam orientar a tomada de decisão clínica em gestantes e puérperas saudáveis. Existem inúmeras técnicas de monitoramento do DC que desempenham um papel crescente na avaliação hemodinâmica de pacientes submetidos a cirurgias de grande porte ou no contexto de cuidados intensivos. Ao cuidar de uma paciente obstétrica em estado grave acordada, pode haver um conflito entre a necessidade de monitoramento preciso do DC para orientar a terapia e manter uma abordagem minimamente invasiva.

Este tutorial resume as alterações hemodinâmicas na gravidez e discute as evidências atuais para várias técnicas de monitoramento de DC não invasivas e minimamente invasivas.¹

ALTERAÇÕES HEMODINÂMICAS EM PACIENTES GRÁVIDAS E A RELEVÂNCIA PARA A ANESTESIOLOGIA OBSTÉTRICA

As demandas metabólicas do feto em crescimento e da placenta impulsionam as adaptações cardiovasculares da gravidez. Na ausência de cardiopatia, a fisiologia materna adapta-se de forma eficiente ao aumento das demandas, aumento do volume sanguíneo circulante, redução da resistência vascular sistêmica (RVS) e aumento da contratilidade miocárdica e da FC (Tabela 1).² No entanto, em pacientes com uma condição cardíaca conhecida ou reserva cardíaca reduzida não detectada (antes da gravidez), o aumento do trabalho cardiovascular da gravidez pode resultar na descompensação materna.

Um teste online está disponível para educação médica continuada (EMC) autônoma. Estima-se que o teste leve 1 hora para ser concluído. Registre o tempo gasto e relate isso ao seu organismo de credenciamento se desejar reivindicar pontos de EMC. Um certificado será concedido após a aprovação no teste. Consulte a política de acreditação [aqui](#).

FAÇA O TESTE
ONLINE

Parâmetro Fisiológico	Mudança na Gravidez	Observações
Volume plasmático	50% de aumento (durante o primeiro e segundo trimestres)	
Massa de eritrócitos	Aumento de 20%	O aumento na massa de hemácias é menor em comparação com o aumento no volume plasmático, resultando em “anemia fisiológica da gravidez”.
Volume sistólico	Aumento de 20-30%	Alterações secundárias à redução da pós-carga e aumento da pré-carga
Frequência cardíaca	Aumento de 20%	
Resistência vascular sistêmica	Redução de 35-40%	Diminuição abrupta no primeiro trimestre para nadir no segundo e terceiro trimestres, que retorna aos níveis pré-gravidez em 2 semanas após o parto
Débito cardíaco	Aumento de 30-50% (no final do segundo trimestre)	

Tabela 1. Alterações Fisiológicas da Gravidez^{2,3}

Além das adaptações fisiológicas graduais da gravidez, ocorrem alterações hemodinâmicas adicionais no momento do trabalho de parto. As contrações uterinas aumentarão intermitentemente o volume sanguíneo central em até 500mL. O aumento das catecolaminas circulantes (por exemplo, devido à dor do parto) aumenta a FC materna e, imediatamente após o parto, a descompressão da veia cava inferior e a autotransfusão resultam em um aumento adicional do DC de até 80% dos valores pré-parto.⁴ Esses aumentos de DC, FC e PA podem resultar em descompensação em um sistema anteriormente compensando. As pacientes incapazes de aumentar o DC (por exemplo, aquelas com estenose aórtica) podem desenvolver sintomas ou sinais de insuficiência cardíaca esquerda ou direita, e o aumento do trabalho cardíaco e consumo de oxigênio pelo miocárdio podem desencadear isquemia cardíaca.

MÉTODOS DE MONITORAMENTO NÃO INVASIVO E MINIMAMENTE INVASIVOS NA GRAVIDEZ

Existem várias técnicas e aparelhos que usam diferentes tecnologias e medem uma variedade de parâmetros fisiológicos para calcular o DC. A escolha do monitoramento depende da disponibilidade, facilidade de uso, exatidão e precisão. Há vantagens e desvantagens, que estão resumidas na Tabela 2.

Ecocardiografia Transtorácica e Transesofágica

A ecocardiografia transtorácica (ETT) e a ecocardiografia transesofágica (ETE) medem o fluxo na via de saída do VE, aorta ascendente, artéria pulmonar principal, via de saída do ventrículo direito e através da válvula mitral. Ambos os métodos são capazes de avaliar variáveis hemodinâmicas (por exemplo, estado de enchimento cardíaco e contratilidade), bem como a estrutura anatômica. Existe uma excelente correlação entre as técnicas ecocardiográficas e de termodiluição em pacientes não grávidas.⁵ A ETT é um método não invasivo e seguro para avaliar a estrutura e função cardíaca. A ETE fornece imagens mais nítidas do que a ETT devido à redução da atenuação do sinal pela parede torácica, mas deve ser realizada sob sedação ou anestesia geral. Portanto, como a maioria dos casos obstétricos é realizado sob anestesia neuraxial, a ETE é menos adequada em casos obstétricos de rotina. Embora o interesse por esses métodos esteja aumentando, a ETT e a ETE não são técnicas comuns entre os anestesistas obstétricos e não são adequadas para o usuário ocasional em caso de emergência.

Velocimetria Doppler Aórtica

A velocimetria Doppler utiliza o princípio do desvio Doppler para calcular a velocidade dos glóbulos vermelhos. A técnica esofágica mede a velocidade do sangue na aorta descendente. A secção transversal da aorta é estimada a partir de nomogramas com base em idade, peso e altura. Um gráfico de velocidade-tempo é exibido e multiplica-se uma integral da derivada da velocidade-ao-tempo pela área da seção transversal, para dar um valor para o volume sistólico (VS). O paciente acordado não tolera essa técnica, e assume-se que o tamanho da aorta é constante (Figura 1).

O Doppler supraesternal, desenvolvido com a tecnologia Dopplervelocimétrica, é uma técnica não invasiva que utiliza uma sonda Doppler posicionada na fúrcula esternal. Dispositivos individuais visam estudar o arco aórtico descendente ou as vias de saída aórtica e pulmonar.

Os dispositivos comercialmente disponíveis incluem o *SupraQ Cardiac Function Monitor* (Deltex Medical, Chichester, Reino Unido) e o monitor ultrassônico de DC (USCOM; *Uscom Ltd.*, Sydney, Austrália). O *SupraQ Cardiac Function Monitor* visa o arco aórtico descendente, enquanto o USCOM visa os fluxos de saída aórtico/pulmonar. Essas técnicas demonstraram ter concordância razoável com o cateter de artéria pulmonar e foram usadas em vários estudos clínicos para medir a resposta cardiovascular em gestantes saudáveis. ^{7,8}

	Vantagens	Desvantagens
Não invasivo		
Ecocardiografia transtorácica (ETT)	Não invasivo Permite a avaliação da estrutura cardíaca	A qualidade da imagem pode depender do biótipo
Bioimpedância	Baixo custo Não invasivo	Medições absolutas não confiáveis Sensível a interferências elétricas e mecânicas
Minimamente invasivo		
Ecocardiografia transesofágica (ETE)	Qualidade de imagem superior em comparação com o ETT Permite a avaliação da estrutura cardíaca	Técnica de alta habilidade Requer anestesia geral Risco de ruptura esofágica
Dopplervelocimetria aórtica	Extensivamente estudado Relativamente fácil de interpretar Boa correlação com cateter de artéria pulmonar	Requer anestesia geral A estimativa da área de secção transversa da aorta é uma fonte potencial de erro O posicionamento incorreto da sonda pode resultar em estimativas de fluxo incorretas
Análise de forma de onda arterial (não calibrado)	Rápido de configurar Fácil de interpretar	Dependente de nomogramas, algoritmos; fonte potencial de erro FloTrac não fornece dados contínuos em tempo real
Análise de forma de onda arterial (calibrado)	Extensivamente estudado Boa correlação com cateter de artéria pulmonar	Necessidade de recalibrar limites de uso em emergências Cateter venoso central pode ser necessário

Tabela 2. Vantagens e Desvantagens de Diferentes Modalidades de Monitorização do Débito Cardíaco Não Invasivas e Minimamente Invasivas

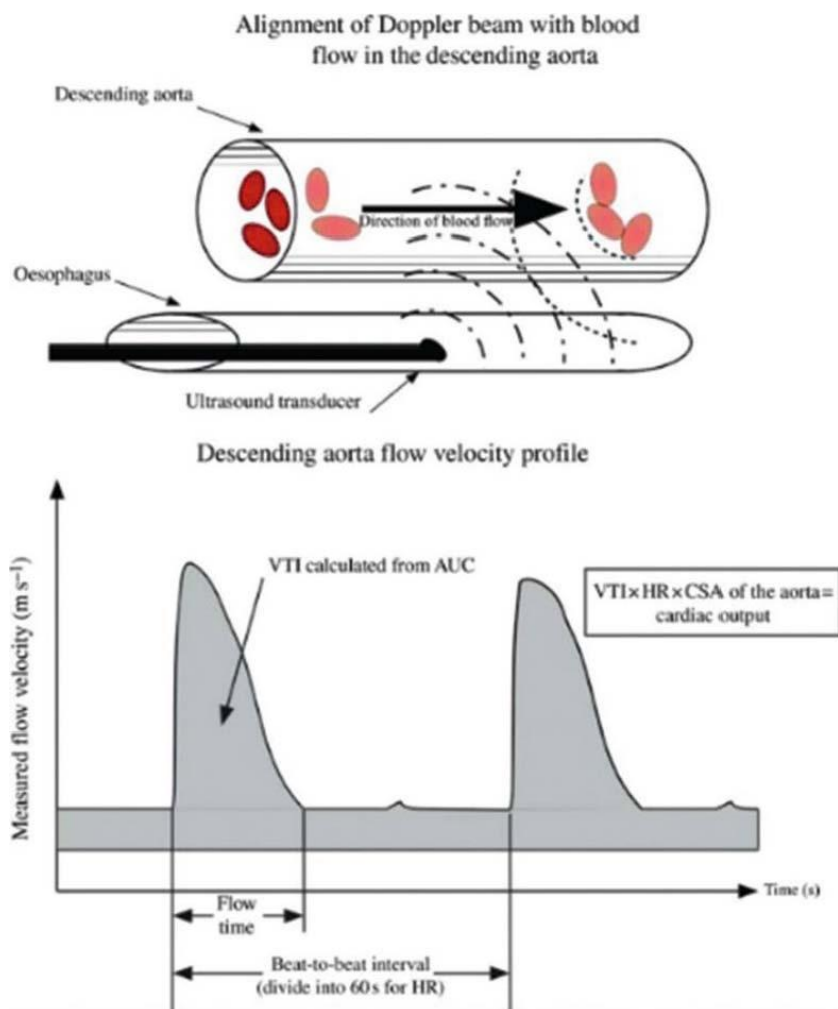
Bioimpedância

A bioimpedância é uma técnica não invasiva simples, de baixo custo e fácil de usar que detecta mudanças de resistência elétrica no tórax ou no corpo inteiro induzidas por mudanças no fluxo vascular ao longo do ciclo cardíaco. Há relatos de imprecisões com essa técnica, pois pode ser afetada pela posição do paciente (e variação na distância entre os eletrodos), edema pulmonar, diatermia e ventilação mecânica, o que pode limitar seu uso em certas situações (por exemplo, em trabalho de parto e durante parto cesáreo (PC)).

A biorreatância é uma técnica projetada para superar problemas da bioimpedância e envolve a análise de mudanças de fase relativas de correntes oscilantes que ocorrem ao atravessar a cavidade torácica, melhorando a relação sinal-ruído. O monitor não invasivo de DC (NICOM; *Cheetah Medical*, Maidenhead, Reino Unido) e AESCULON (*Osyka Medical Services*, Berlim, Alemanha) são 2 exemplos de dispositivos disponíveis (Figura 2). Há relatos variados sobre a precisão desses dispositivos em comparação com as técnicas de termodiluição, e sugere-se que sejam mais adequados para exibir tendências no DC e mudanças com intervenções do que para medições pontuais.⁶

Análise de Forma de Onda Arterial

A análise de contorno de pulso usa a forma de onda derivada de uma linha arterial invasiva para prever o fluxo vascular. Baseia-se no princípio geral de que a amplitude da parte sistólica da curva arterial é proporcional ao DC e à complacência arterial, e tem a vantagem de ser contínua e em tempo real. Dispositivos calibrados (nos quais a estimativa inicial de DC por análise de forma de onda de pressão é calibrada por medições de DC feitas por diluição térmica ou de lítio transpulmonar) incluem LiDCOplus (DC por diluição de lítio; *LiDCO Ltd.*, Londres, Reino Unido) e PiCCO (contorno de índice de pulso contínuo no DC; *Pulsion Medical Systems*, Feldkirchen, Alemanha).



Dispositivos não calibrados incluem o LiDCO-rapid, FloTrac (*Edwards Lifesciences Corp.*, Irvine, CA, EUA) e Nexfin (*BMEYE*, Amsterdã, Holanda). Esses dispositivos têm vantagens significativas para o anestesista obstétrico, pois são minimamente invasivos (desde que uma linha arterial esteja in situ) e simples de configurar para o usuário ocasional. No entanto, o amortecimento da forma de onda e/ou a localização de um cateter arterial em um pequeno vaso distal (por exemplo, artéria dorsal do pé) prejudicará a precisão dos dados.

Figura 1. Tecnologia Doppler esofágica para calcular o débito cardíaco a partir de uma curva ótima de velocidade-tempo. Figura publicada como Acesso Livre sob CC BY-NC-SA (Creative Commons/Share Alike).

The NICOM system and its connection to the body

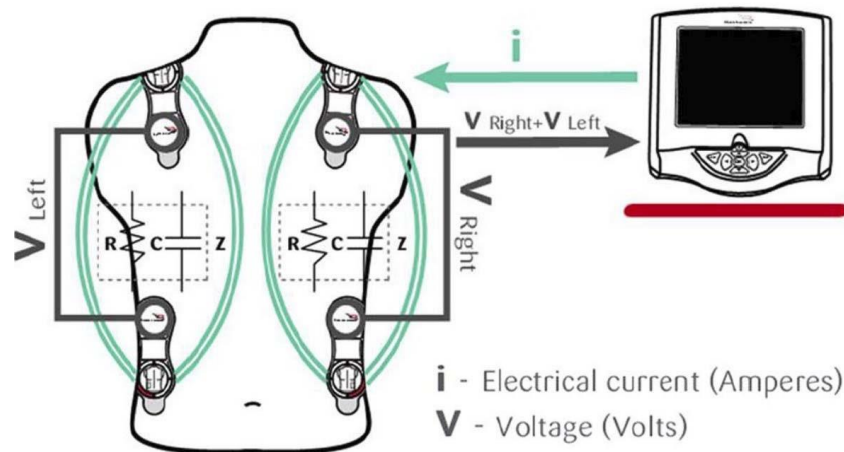


Figura 2. Sistema NICOM (imagem reproduzida da *Cheetah Medical* com permissão).

Análise de Forma de Onda Arterial Calibrada

LiDCO-plus usa calibração de diluição de lítio para fornecer uma medição de linha de base precisa para o VS. O DC é derivado da área sob uma curva de concentração-tempo usando a equação de Stewart-Hamilton. O LiDCO-plus tem sido usado para compreender a fisiopatologia de doenças como a pré-eclâmpsia, mas sugere-se ser improvável que seja apropriado em situações de flutuações hemodinâmicas agudas, como durante o PC. A medição de DC durante mudanças rápidas em variáveis cardiovasculares não são confiáveis e são propensas a erros significativos.⁹

PiCCO emprega termodiluição transpulmonar para medições de DC absoluto e contorno de pulso, em vez de análise de pressão de pulso para gerar o DC batimento por batimento. Ele permite a estimativa de variáveis como volumes pulmonares intravasculares e água pulmonar extravascular. Ele requer cateter venoso central e linha arterial periférica com calibração regular, o que pode inviabilizar seu uso na prática obstétrica regular. No entanto, ele pode ser aplicável para uso em uma paciente obstétrica em estado crítico.¹ Uma pesquisa no PubMed usando as palavras-chave “PiCCO”, “Obstetrícia”, “Gravidez” e “Cesariana” não produziu resultados.

Análise de Forma de Onda Arterial Não Calibrada

O sensor FloTrac usa uma análise estatística de janelas de 20 segundos de formas de onda de pressão da artéria radial em conjunto com estimativas de conformidade, e incorpora dados demográficos do paciente em seus cálculos. No entanto, ele não fornece dados contínuos verdadeiros em tempo real.¹ Estudos demonstraram boa correlação com a termodiluição em pacientes estáveis e precisão razoável na capacidade de prever a responsividade a fluidos em pacientes com choque séptico.¹⁰ Resultados variáveis foram encontrados na tentativa de rastrear com precisão as alterações em pacientes hemodinamicamente instáveis, o que sugere cautela ao usar esse dispositivo em pacientes com suporte vasopressor ou inotrópico, ou em ambientes onde pode haver alterações hemodinâmicas rápidas, como durante o PC.⁶

O sistema LiDCO-rapid usa o mesmo algoritmo que o LiDCO-plus para derivar VS e FC da forma de onda da PA. Esse algoritmo usa nomogramas para prever a complacência aórtica para um paciente individual usando características demográficas que não mudam no curto prazo. O sistema LiDCO-rapid tem sido usado com sucesso em vários estudos obstétricos, tanto baseados em pesquisas quanto clinicamente.

O monitor Nexfin é um monitor não invasivo que usa um manguito inflável ao redor da falange média do dedo para derivar a forma de onda da pressão arterial do dedo, a partir da qual é construída uma forma de onda da pressão arterial braquial. Uma análise específica do contorno do pulso com base na área de pressão da forma de onda e um modelo de Windkessel individualizado para cada paciente são usados para derivar o DC.

POR QUE E QUANDO PODEMOS USAR O COMMONITORAMENTO EM PACIENTES GRÁVIDAS?

Pesquisa em Pacientes Grávidas Saudáveis

Existem vários estudos usando o monitoramento do DC, destacando sua utilidade para fins de pesquisa em pacientes grávidas saudáveis, particularmente sobre o entendimento da hipotensão induzida pela anestesia no neuroeixo e sobre a resposta à sobrecarga de fluidos e vasopressores.

Meirowitz et al. usando NICOM, demonstraram que uma resposta positiva de VS a uma elevação passiva da perna não é preditiva de hipotensão induzida pela anestesia no neuroeixo.¹¹

Xiao et al. usaram o LiDCO-rapid para demonstrar que um protocolo de fluido direcionado a metas em pacientes grávidas saudáveis estava associado a uma menor incidência de hipotensão induzida pela anestesia no neuroeixo, uma dose total menor de fenilefrina (administrada em bolus) e um resultado favorável a análise da gasometria do cordão umbilical.¹²

Estados de Doenças

Pré-eclâmpsia

A análise da forma de onda de pulso e o Doppler supraesternal têm sido ferramentas de pesquisa úteis para estabelecer as alterações de DC associadas à raqui-anestesia em mulheres saudáveis e com pré-eclâmpsia, e também para orientar o uso de fluidos, vasopressores e administração de ocitocina durante a raqui-anestesia.¹³ Após a administração de ocitocina, uma proporção de mulheres com pré-eclâmpsia grave e possível disfunção diastólica responde com uma diminuição no VS e DC, e essas descobertas reforçam a recomendação de que a ocitocina deve ser administrada lentamente, especialmente em pacientes com doença grave. Esse trabalho serviu como um guia para a dosagem de fenilefrina e o uso da FC como um marcador substituto para alterações de DC durante raqui-anestesia para cesarianas.

Doença Cardíaca

Na ausência de doença cardíaca preexistente, a cardiomiopatia periparto (CMPP) geralmente se apresenta nas últimas 4 semanas de gravidez e até 5 meses após o parto, e a mortalidade pode exceder 10%.¹⁴ A CMPP é caracterizada por disfunção do VE (por exemplo, fração de ejeção do VE < 45%) e está associada a insuficiência cardíaca congestiva, arritmia(s), trombo intracardíaco e morte súbita. A ecocardiografia, em particular, é uma ferramenta muito eficaz para o diagnóstico e tratamento de doenças cardíacas, e a cardiomiopatia na gravidez não é exceção. Essa situação foi descrita em um relato de caso, no qual o ETT foi utilizado para diagnosticar CMPP, revelando importante dilatação do VE e redução da contratilidade em paciente nulípara de 31 anos, previamente hígida, com 35 semanas de gestação.¹⁵ Além disso, o NICOM tem sido usado durante o trabalho de parto como adjuvante ao exame clínico, para permitir a estimativa do estado hídrico e guiar a titulação da analgesia epidural.¹⁵ O NICOM é particularmente benéfico, pois não é invasivo e, ao contrário do ETT, fornece monitoramento contínuo do DC e variáveis hemodinâmicas associadas para permitir a detecção precoce de qualquer redução na pós-carga e RVS com anestesia neuraxial.¹⁵

Hemorragia Obstétrica Maciça

O manejo da hemorragia obstétrica maciça (MOH) requer ressuscitação volêmica com fluidos intravenosos e hemoderivados. O monitoramento do DC não apenas auxilia no direcionamento do gerenciamento de fluidos, mas também pode distinguir entre hipovolemia e comprometimento cardíaco, orientando assim o uso de drogas inotrópicas e vasopressores quando indicado. Schiraldi et al. descreveram um caso de cesareana complicada por MOH em que o Doppler esofágico foi usado para monitorar e orientar a fluidoterapia, titular a noradrenalina e otimizar a adição prematura de suporte inotrópico adicional em uma paciente hipovolêmica.¹⁶

O monitoramento do DC pode ser particularmente útil para orientar a terapia no contexto de uma combinação de morbidades, por exemplo, pré-eclâmpsia com características graves e hemorragia pós-parto significativa.

RESUMO

A gravidez impõe mudanças e desafios significativos no sistema cardiovascular materno.

A medição do DC é útil na anestesiologia obstétrica como adjuvante para marcadores substitutos de DC, embora o método escolhido deva ser adaptado à situação individual.

O monitoramento do DC é particularmente útil em pacientes grávidas com doenças graves para melhorar a compreensão da fisiologia normal, fisiopatologia e resposta à anestesiologia, fluidos e drogas vasoativas em ambientes clínicos e em pesquisas.

REFERÊNCIAS

1. Armstrong S, Fernando R, Columb M. Minimally- and non-invasive assessment of maternal cardiac output: go with the flow! *Int J Obstet Anesth.* 2011;20(4):330-340.
2. Bedson R, Riccoboni A. Physiology of pregnancy: clinical anaesthetic implications. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain.* 2014;14:69-72.
3. Sanghavi M, Rutherford JD. Cardiovascular physiology of pregnancy. *Circulation.* 2014;130(12):1003-1008.
4. Nelson-Piercy C. Heart disease. In: Nelson-Piercy C, Ed. *Handbook of Obstetric Medicine.* 2nd ed. Abingdon, England: Taylor & Francis Group; 2002.
5. Nishimura RA, Callahan MJ, Schaff HV, et al. Noninvasive measurement of cardiac output by continuous-wave Doppler echocardiography: initial experience and review of the literature. *Mayo Clin Proc.* 1984;59(7):484-489.
6. Kobe J, Mishra N, Arya VK et al. Cardiac output monitoring: technology and choice. *Ann Card Anaesth.* 2019;22(1):617.
7. Mon W, Stewart A, Fernando R, et al. Cardiac output changes with phenylephrine and ephedrine infusions during spinal anesthesia for cesarean section: a randomized, double-blind trial. *J Clin Anesth.* 2017;37:43-48.
8. Armstrong S, Fernando R, Columb M, Jones T. Cardiac index in term pregnant women in the sitting, lateral, and supine positions: an observational, crossover study. *Anesth Analg.* 2011;113(2):318-322.
9. Pauca AL. Pressure wave analysis is useful to understand the pathophysiology of preeclampsia, but perhaps not the rapid changes during cesarean delivery. *Anesthesiology.* 2008;108(5):773-774.
10. Krige A, Bland M, Fanshawe T. Fluid responsiveness prediction using Vigileo FloTrac measured cardiac output changes during passive leg raise test. *J Intensive Care.* 2016;4:63.
11. Meirowitz N, Katz A, Danzer B, Siegenfeld R. Can the passive leg raise test predict spinal hypotension during cesarean delivery? An observational pilot study. *Int J Obstet Anesth.* 2012;21(4):324-328.
12. Xiao W, Duan Q, Zhao L, et al. Goal-directed fluid therapy may improve hemodynamic stability in parturient women under combined spinal epidural anesthesia for cesarean section and newborn well-being. *J Obstet Gynaecol Res.* 2015;41(10):1547-1555.
13. Rosseland LA, Hauge TH, Grindheim G, et al. Changes in blood pressure and cardiac output during cesarean delivery: the effects of oxytocin and carbetocin compared with placebo. *Anesthesiology.* 2013;119:541-551.
14. Bhattacharyya A, Basra SS, Sen P, Kar B. Peripartum cardiomyopathy: a review. *Tex Heart Inst J.* 2012;39(1):8-16.
15. Lorello G, Cubillos J, McDonald M, Balki M. Peripartum cardiomyopathy: postpartum decompensation and use of noninvasive cardiac output monitoring. *Int J Obstet Anesth.* 2014;23(1):66-70.
16. Schiraldi R, Calderon L, Maggi G et al. Transoesophageal Doppler-guided fluid management in massive obstetric haemorrhage. *Int J Obstet Anesth.* 2014;23(1):71-74



Este trabalho da WFSA está licenciado sob Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Para ver essa licença, visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Ressalva da WFSA

O material e o conteúdo fornecidos foram estabelecidos de boa-fé apenas para fins informativos e educacionais, e não se destinam a substituir o envolvimento ativo e o julgamento de profissionais médicos e técnicos apropriados. Nem nós, os autores, nem outras partes envolvidas em sua produção fazemos quaisquer representações ou damos quaisquer garantias com relação à sua precisão, aplicabilidade ou integridade, nem aceitamos qualquer responsabilidade por quaisquer efeitos adversos resultantes de sua leitura ou visualização deste material e conteúdo. Toda e qualquer responsabilidade decorrente direta ou indiretamente do uso deste material e conteúdo é negada sem reservas.