

# COMPARAÇÃO DOS VALORES DE DÉBITO CARDÍACO OBTIDOS POR TERMODILUIÇÃO E DOPPLERFLUXOMETRIA TRANSESOFÁGICA

ROBERTO MANARA VICTORIO FERREIRA\*, JOSÉ LUIZ GOMES DO AMARAL, JORGE LUIZ DOS SANTOS VALIATTI

Trabalho realizado no Centro de Ensino e Treinamento da Disciplina de Anestesiologia, Dor e Terapia Intensiva da Unifesp

## RESUMO

**OBJETIVO.** A termodiluição (TD) é padrão de monitorização hemodinâmica. Alguns parâmetros hemodinâmicos podem ser medidos através do Doppler Transesofágico (DTE). Método simples, menos invasivo. Com o objetivo de avaliar a acurácia do DTE foram comparados TD e DTE na determinação de medidas de débito cardíaco (DC).

**MÉTODOS.** Foram determinadas 192 medidas simultâneas, em diferentes situações clínicas em dez pacientes com idade entre 21 – 85 anos (cinco do gênero masculino e cinco do feminino), oito internados sépticos em uso de drogas vasoativas e dois monitorizados para laringectomia e transplante hepático; todas avaliadas ao longo de quatro horas, em intervalos de 30 minutos. Foram utilizados dois tipos de doppler: o Deltex<sup>®</sup>, e o Arrow<sup>®</sup>, introduzidos entre 35 e 45 cm da fossa nasal e localizados no ponto de maior diâmetro da aorta descendente. Na TD, foi utilizado cateter de artéria pulmonar (Swan Ganz Baxter<sup>®</sup>) e monitor DX-2001<sup>®</sup>, confirmado o posicionamento radiologicamente e através das curvas pressóricas geradas. As medidas do DC realizadas através da TD foram obtidas com soro fisiológico gelado, sendo considerada a média de quatro medidas não diferentes de 5%. Foi aplicado o método estatístico de Bland e Altman, com utilização de gráfico de regressão linear.

**RESULTADOS.** Não houve diferença estatisticamente significativa entre esses dois métodos de medida hemodinâmica, com coeficiente de correlação de 0,88 para o DC (Doppler Deltex<sup>®</sup>X Swan Ganz Baxter<sup>®</sup>) e coeficiente de correlação de 0,99 DC (Doppler Arrow<sup>®</sup>X Swan Ganz Baxter<sup>®</sup>) respectivamente, observando-se correlação.

**CONCLUSÃO.** A medida das variáveis hemodinâmicas ao DTE foi obtida com facilidade nos dez pacientes estudados e revelou ter este dispositivo acurácia compatível à TD.

**UNITERMOS:** Ecocardiografia transesofágica. Termodiluição. Resistência vascular periférica. Débito cardíaco. Índice cardíaco. Processos hemodinâmicos.

## \*Correspondência

Rua Costa Aguiar, 1279 apto. 71  
São Paulo/ SP  
Cep: 04204-002  
Tel: (11) 2274-4135  
rmanara@yahoo.com

## INTRODUÇÃO

Entre os vários métodos disponíveis para a monitoração do débito cardíaco (DC) de pacientes submetidos a procedimentos cirúrgicos ou internados em unidades de terapia intensiva<sup>1-2</sup>, tem encontrado aceitação universal a termodiluição (TD), considerada *gold standard* na monitoração hemodinâmica<sup>3-4</sup>.

Na última década, diversos estudos foram realizados com o objetivo de encontrar métodos simples e pouco invasivos, que permitam determinar com precisão o débito cardíaco<sup>1,5-6</sup>.

Surge assim a dopplerfluxometria esofágica (DTE)<sup>7-13</sup>. Este método, introduzido recentemente na prática clínica, utiliza o princípio Doppler para a medida de fluxo na aorta torácica, de onde são calculados os demais parâmetros hemodinâmicos. A DTE é consideravelmente menos invasiva que a TD, reveste-se de grande simplicidade e, portanto, facilmente realizada em diferentes ambientes hospitalares.<sup>5</sup>

Com o objetivo de avaliar a acurácia do DTE comparamos os resultados de débito cardíaco obtidos com este método com aqueles determinados por meio da TD.

## MÉTODOS

Após aprovação deste protocolo pela Comissão de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de São Paulo, realizamos este ensaio clínico randomizado, cego, controlado e prospectivo no Hospital São Paulo/ Unifesp (hospital terciário, público).

Foram nele incluídos dez pacientes com idade entre 21 e 85 anos (cinco do gênero masculino e cinco do feminino). Oito deles estavam sob tratamento intensivo, em sepse e tratados com fármacos vasoativos, e em dois outros as medidas do débito cardíaco fizeram parte da monitoração intra-operatória (laringectomia e transplante hepático).

Os pacientes foram divididos em dois grupos: o Grupo 1 foi formado por seis pacientes (idades entre 44 e 77 anos) em quem se utilizou o Doppler Deltex (Deltex Medical Inc, USA). O Grupo 2 consistiu de quatro pacientes (idades entre 21 e 85 anos) em quem se usou o Doppler Arrow (Arrow, USA). Em ambos os sistemas, as sondas foram introduzidas por via nasal e localizadas na aorta descendente, entre 35 e 45 cm da fossa nasal, aproximadamente. No caso do sistema Doppler Arrow, a localização da

extremidade da sonda próxima ao maior diâmetro da aorta foi confirmada por ecodoppler. O modelo Doppler Deltex não dispunha deste recurso.

Para a medida do DC por TD, em ambos os grupos foi utilizado cateter de artéria pulmonar (Swan Ganz Baxter Inc, USA) e monitor DX-2001 (Dixtal, Manaus Brasil). A posição do cateter foi confirmada radiologicamente e pelas curvas pressóricas geradas. As medidas de DC com TD foram obtidas com a injeção de 10 ml de soro fisiológico resfriado, durante a expiração. Para comparação foi considerada a média de quatro medidas não diferentes de 5%<sup>9,11</sup>.

Foram excluídos os pacientes com regurgitação mitral, aórtica ou tricúspide grave ou ritmo cardíaco outro que não o sinusal. Também constituíram critério de exclusão intervenção cirúrgica prévia no esôfago ou alterações da anatomia neste segmento do trato digestivo<sup>14-15</sup>.

### Método estatístico

Para a análise dos resultados os pacientes foram divididos em dois grupos, 1 e 2, sendo utilizados os seguintes testes:

- 1) Teste exato de Fisher (Siegel, Castelari, 1988) para tabelas de contingência 2x2 com o objetivo de comparar os grupos 1 e 2 em relação a composição do gênero.
- 2) Teste de Mann-Whitney para duas amostras independentes (Siegel e Castelari, 1988), com a finalidade de comparar os grupos 1 e 2 em relação a idade.
- 3) Análise de Variância para grupos não independentes (Sokal, Rohlf, 1969), separadamente para os grupos 1 e 2, com a finalidade de verificar a homogeneidade dos valores em triplicata de TD e DTE.
- 4) Regressão linear (Sokal, Rohlf, 1969), com o objetivo de se estudar as possíveis relações entre os valores das medidas pela técnica de TD e DTE. O cálculo da regressão foi realizado em separado para os grupos 1 e 2.
- 5) Teste de Bland-Altman (Altman, Bland, 1983; Bland, Altman, 1986)<sup>16-17</sup>, com o objetivo de aferir a concordância observada entre a TD e o DTE, realizados isoladamente para os grupos 1 e 2.

### RESULTADOS

Entre os grupos 1 e 2 não houve diferença de idade, gênero e peso dos grupos 1 e 2, com  $p < 0,05$  (Tabela 1).

Nas Figuras 1 e 2, estão representadas, separadamente para os grupos 1 e 2, a regressão linear e a correlação entre as medidas de TD e DTE.

No grupo 1, foram consideradas 96 medidas pareadas, com TD variando de 3,7 a 11,3 L/min e DTE Deltex variando de 3,5 l/min a 11,4 l/min. O coeficiente de correlação observado foi de 0,88692, sendo que a expressão do cálculo que correlaciona as variáveis:

$$DTECO = 1,4460 + 0,80784 * TDCO$$

No grupo 2, foram consideradas 96 medidas pareadas, com TD variando de 2,6 a 15,5 L/min e DTE Arrow variando de 2,2 l/min. a 16,4 l/min. O coeficiente de correlação observado foi de 0,99594, sendo que a expressão do cálculo que correlaciona as variáveis:

**Tabela 1 - Características demográficas dos pacientes estudados**

| Casos | Idade | Gênero    |
|-------|-------|-----------|
| 1     | 21    | Masculino |
| 2     | 37    | Feminino  |
| 3     | 42    | Masculino |
| 4     | 48    | Masculino |
| 5     | 51    | Feminino  |
| 6     | 74    | Feminino  |
| 7     | 72    | Feminino  |
| 8     | 77    | Feminino  |
| 9     | 81    | Masculino |
| 10    | 85    | Feminino  |

$$DTECO = -0,0473 + 1,0125 * TDCO$$

A faixa de variação entre as medidas encontradas oscilou desde DC baixos até altos, sendo os valores sempre concordantes. Havendo instabilidade hemodinâmica e variando o DC medido através de TD, este também variava ao ser verificado com o DTE.

Nas Figuras 3 e 4, está evidenciada separadamente para os grupos 1 e 2 a concordância entre os dois métodos através do Teste de Bland-Altman, expressos em valores absolutos e percentuais.

No grupo 1, para um total de 96 medidas pareadas, a média da diferença (erro) entre os dois métodos em relação à média entre DTE Deltex e TD foi de -0,394 +/- 1,38 L/min (95% CI= -0,674 a -0,114).

No grupo 2, para um total de 96 medidas pareadas, a média da diferença (erro) entre os dois métodos em relação à média entre DTE Arrow e TD foi de 0,032 +/- 0,197 L/min (95% CI= -0,008 a 0,072). (Fig. 1 e 2)

### DISCUSSÃO

O método de medida hemodinâmica mais utilizado é a TD, por apresentar maior precisão e estar incorporado na prática clínica por mais tempo<sup>4,6,10</sup>.

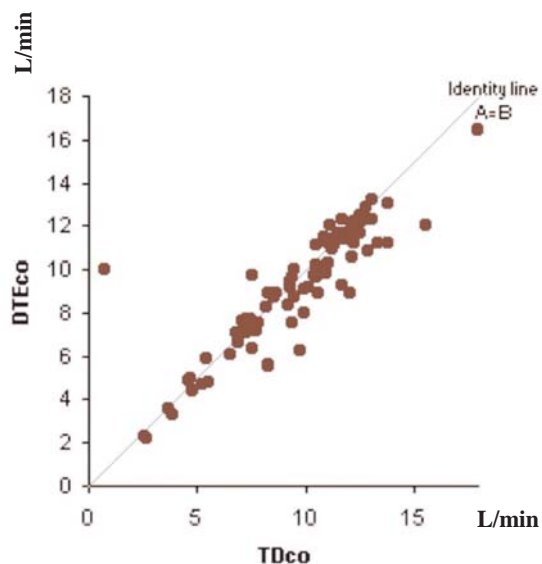
Já o DTE, apresenta maior simplicidade, porém tem sido mais recentemente incorporado na prática clínica<sup>5</sup>.

Os estudos mostram variações entre as medidas realizadas por diferentes observadores. Assim, nossas medidas restringiram-se ao mesmo observador por paciente<sup>18-19</sup>.

As medidas foram realizadas em pacientes internados na unidade de terapia intensiva e durante o intra-operatório, com diversos quadros clínicos com a finalidade de diminuir a interferência da doença, já que no mesmo paciente eram utilizados os dois métodos.

Durante a realização das medidas hemodinâmicas, observou-se que, mesmo em períodos de instabilidade hemodinâmica, as medidas eram concordantes entre si e com o quadro clínico do paciente.

Figura 1 - Concordância entre os valores do DC obtidos por TD e DTE Deltex (Deltex Medical Inc, USA)



|                  |                 |                 |        |
|------------------|-----------------|-----------------|--------|
| Bias             | -0,394          |                 |        |
| 95% CI           | -0,674 a -0,114 |                 |        |
| 95% concordância |                 |                 | 95% CI |
| Menor            | -3,103          | -3,575 a -2,630 |        |
| Maior            | 2,315           | 1,843 a 2,788   |        |

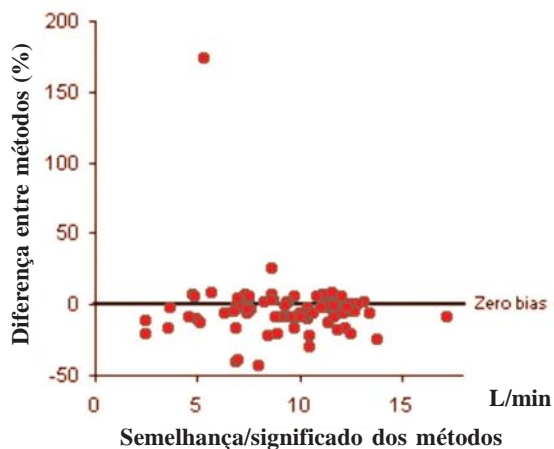
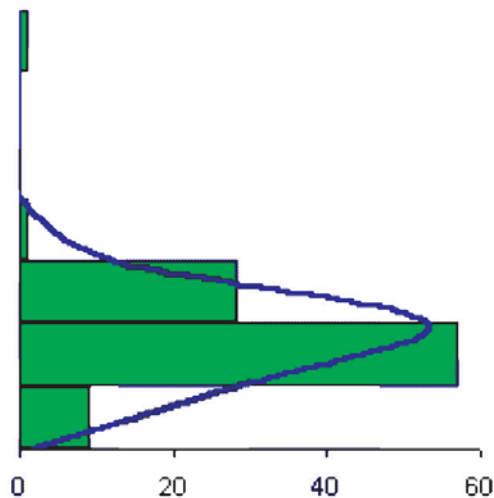
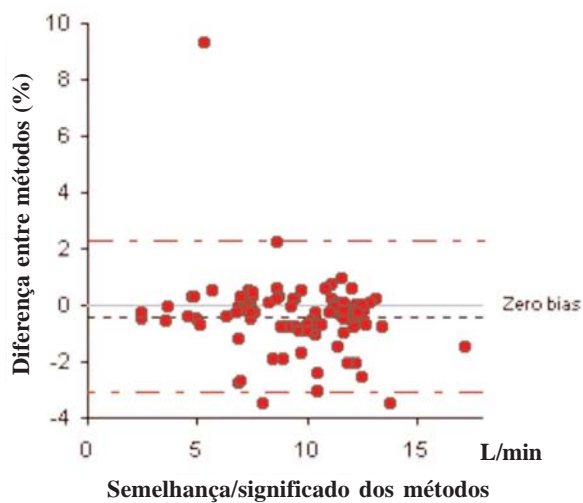
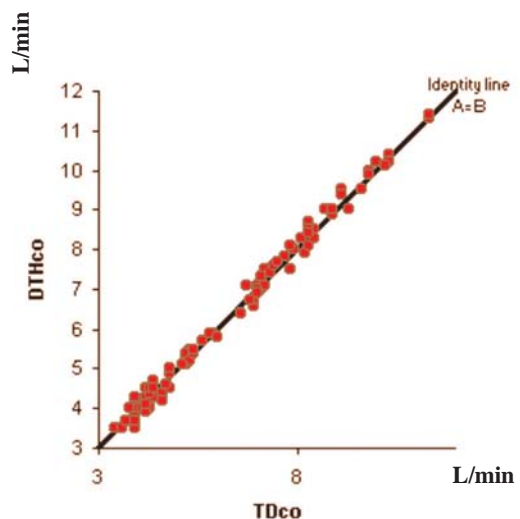
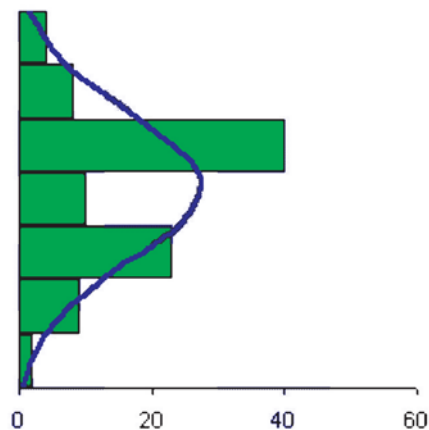
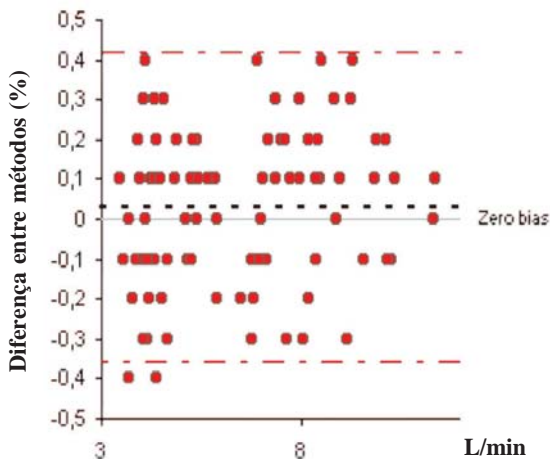


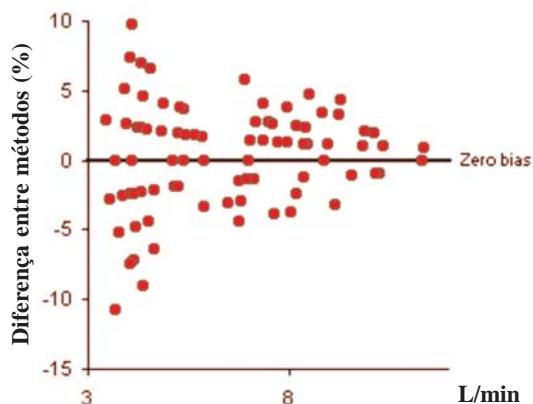
Figura 2 - Concordância entre os valores do DC obtidos por TD e DTE Arrow (Arrow, USA)



|              |                |                 |        |
|--------------|----------------|-----------------|--------|
| Bias         | -0,032         |                 |        |
| 95% CI       | -0,008 a 0,072 |                 |        |
| 95%          |                |                 | 95% CI |
| concordância | -0,355         |                 |        |
| Menor        | 0,420          | -0,423 a -0,287 |        |
| Maior        |                | 0,352 a 0,487   |        |



Semelhança/significado dos métodos



Semelhança/significado dos métodos

Normalmente, utiliza-se na TD volumes de 5 a 10 ml de solução salina gelada, em medidas simultâneas realizadas pelo mesmo observador, sendo utilizada a média das três medidas mais próximas das seis realizadas<sup>13,20</sup>. Em outros artigos, evidencia-se medidas com o uso de volumes maiores de solução salina<sup>8</sup>, às vezes em temperatura ambiente, em medidas não simultâneas, utilizando pacientes diferentes ou várias medidas do mesmo paciente. Existem ainda os cateteres de medida contínua do DC.

Neste trabalho, utilizou-se a média entre quatro medidas não diferentes de 5%, obtidas com a injeção de 10 ml de solução fisiológica resfriada, não sendo observadas complicações na realização das medidas.

Já no caso do DTE, as medidas foram realizadas com a localização do transdutor no maior diâmetro da aorta torácica descendente<sup>20,22</sup>, com a ajuda do ecocardiograma bidimensional (possível apenas no Doppler Arrow).

As medidas são seriadas e contínuas, realizadas normalmente pelo mesmo observador, em pacientes diferentes ou não<sup>9,23</sup>.

Não foi evidenciada nenhuma complicação na manipulação e realização de medidas com os dois aparelhos de dopplerfluxometria utilizados.

No que concerne à dificuldade de realização das medidas, o DTE apresentou maior simplicidade e facilidade para inserção. Apresenta ainda como vantagem ser relativamente não invasivo, menos oneroso e manter monitorização contínua, baixa morbidade, facilidade de inserção, possibilitando maior tempo de intervenção<sup>12,24</sup>.

Alguns estudos correlacionam, utilizando o método de regressão linear, maior acurácia da TD quando comparada ao DTE<sup>3,7-8,11,16,25</sup>, apesar da morbidade associada ao uso do cateter de artéria pulmonar.

Porém, existem alguns fatores a serem analisados a respeito da acurácia deste método, devido à grande dificuldade de reprodução do mesmo<sup>7,9</sup>. Podem haver formação de trombos ao redor do cateter, que irão ocluir-lo, resultando de medidas irreais do débito cardíaco<sup>26</sup>. Existem diferenças entre as medidas realizadas por diferentes observadores. A velocidade de injeção pode resultar em erros de até 30% a 80% e alterações de apenas 1°C na temperatura em erros de mensuração de 2,8% a 7,7%<sup>11</sup>. Pode também haver influência da respiração com erros de até 20%.

Já no estudo proposto utilizou-se conjuntamente a regressão linear com o método de Bland-Altman, observando-se não só a correlação entre os dados obtidos como também a concordância dos mesmos.

Assim sendo, em alguns casos como na pré-eclampsia e na orientação para manipulação de fluídos em pacientes graves, alguns estudos correlacionam a substituição do cateter de artéria pulmonar pela dopplerfluxometria transesofágica, principalmente quando utilizamos os cateteres clássicos que apresentam alguns riscos e não nos fornecem medidas contínuas do DC.

## CONCLUSÃO

A análise dos resultados da presente pesquisa permite afirmar que há forte correlação estatística entre a termodiluição e a dopplerfluxometria transesofágica para medidas de DC; o Doppler

Arrow apresentou maior concordância que o Doppler Deltex para medidas de DC, não havendo porém relevância na prática clínica. Conclui-se então, que a medida das variáveis hemodinâmicas ao DTE foi obtida com facilidade nos dez pacientes estudados e revelaram ser comparáveis à TD.

## SUMMARY

### COMPARISON BETWEEN TWO METHODS FOR HEMODYNAMIC MEASUREMENT: THERMODILUTION AND OESOPHAGEAL DOPPLER

**OBJECTIVES.** Thermodilution (TD) is the "gold standard method" for hemodynamic monitoring. Some parameters can be measured by Oesophageal Doppler (OD), which is simpler and less invasive. To evaluate the accuracy of OD, we compared this method with TD in measurement of cardiac output (CO).

**METHODS.** One hundred and ninety two simultaneous measurements were made in 10 patients (5 male and 5 female) with different clinical situations, 8 with sepsis using vasoactive drugs and 2 monitored for laryngectomy and liver transplantation. Measurements were taken during 4 hours at 30 minute intervals. The two oesophageal dopplers used Deltex<sup>®</sup> and Arrow<sup>®</sup>, were introduced between 35 and 45 cm from the nose and located at the point of largest diameter of the descending aorta. In TD, we used the pulmonary artery catheter (Swan Ganz Baxter<sup>®</sup>) and the DX-2001 monitor<sup>®</sup> positioning was confirmed with support of radiology and of pressures curves. Measurements of CO carried out by means of TD were achieved using an iced saline solution considering the mean of four measurements with less than a 5% difference. The statistical method used was the Bland-Altman scatter plot and dispersion graphic.

**RESULTS.** No statistically significant difference was found between the two methods for hemodynamic measurement with a correlation coefficient of 0.8 for CO (Deltex Doppler<sup>®</sup> and Baxter Swan Ganz<sup>®</sup>) and a correlation coefficient of 0.99 for CO (Arrow Doppler<sup>®</sup> and Baxter Swan Ganz<sup>®</sup>).

**CONCLUSION.** Hemodynamic measurements with OD have the same accuracy as those with TD and were easily obtained in the 10 patients. [Rev Assoc Med Bras 2007; 53(4): 349-54]

**KEY WORDS:** Oesophageal echocardiography. Thermodilution, Peripheral vascular resistance. Cardiac output. Cardiac index. Hemodynamic monitoring.

**Conflito de interesse:** não há.

## REFERÊNCIAS

- Rodriguez RM, Berumen KA. Cardiac output measurement with an esophageal doppler in critically ill Emergency Department patients. J Emerg Med. 2000;18:159-64.
- Sloth E, Pedersen EM, Egeblad H. Transesophageal multiplane imaging of the human pulmonary artery: a comparison of MRI and multiplane transesophageal two-dimensional echocardiography. Cardiovasc Res 1997;34:582-9.
- Levett LM, Replogle RL. Thermodilution cardiac output: a critical analysis and review of the literature. J Surg Res. 1979;27:392-404.
- Montarello JK, Perakis AC, Rosenthal E, Boyd EGCA, Yates AK, Deverall

- PB, et al. Normal and stenotic human aortic valve opening: in vitro assessment of orifice area changes with flow. *Eur Heart J*. 1990;11:484-91.
5. Payen D. Oesophageal doppler monitoring: history, physical principles and critical applications. *Int J Intens Care*. 1997;4:88- 93.
  6. Penny JA, Anthony J, Shennan AH. A comparison of hemodynamic data derived by pulmonary artery flotation catheter and the esophageal Doppler monitor in preeclampsia. *Am J Obstet Gynecol*. 2000;183:658- 61.
  7. Béïque F, Joffe D, Kleiman S. An introduction to transesophageal echocardiography: I. Basic principles. *Can J Anaesth*. 1996;43:252-77.
  8. Colbert S, O'Hanlon DM, Duranteau J, Ecoffey C. Cardiac output during liver transplantation and transesophageal doppler monitoring. *Can J Anaesth*. 1998;45:133-8.
  9. Fegler G. Measurement of cardiac output in anaesthetized animals by thermodilution method. *Q J Exp Physiol*. 1954;53:153-60.
  10. Ganz W, Swan HJC. Measurement of blood flow by thermodilution. *Am J Cardiol*. 1972;29:241-9.
  11. Nomura M, Hillel Z, Henry BS, Kuroda MM, Thys DM. The association between doppler transmitral flow variables measurement by transesophageal echocardiography and pulmonary capillary wedge pressure. *Anesth Anal*. 1997;84:491-6.
  12. Perrino AC, Fleming J, LaMantia KR. Transesophageal doppler ultrasound. Evidence for improved cardiac output monitoring. *Anesth Anal*. 1990;71:651-7.
  13. Roidi D, Romana K, Tsitska M, Balanika M, Gnardelis C, Karamichali E. Simultaneous measurement of cardiac output by thermodilution and oesophageal doppler during cardiac surgery; comparison of two methods. *Br J Anaesth*. 1999; 82: 7- 14.
  14. Perrino AC Jr, Fleming J, LaMantia KR. Transesophageal doppler cardiac output monitoring: Performance during aortic reconstructive surgery. *Anaesth Anal*. 1991;73:705-10.
  15. Weyman AE. Principles and practice of echocardiography, 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1994. p.3-28.
  16. Altman DG, Bland JM. Measurement in medicine: the analysis of method comparison studies. *Statistician*. 1983;32:307-13.
  17. Bland JM, Altman DG. Statician methods of assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;1:307-10.
  18. Dubin J, Wallerson DC, Cody RJ, Devereux RB. Comparative accuracy of doppler echocardiography methods for clinical stroke volume determination. *Am Heart J*. 1990;120:116-23.
  19. Vandermoten P, Bernard R, De Hemptinne J, Gillet JM, Lenaers A. Cardiac output monitoring during the acute phase of myocardial infarction: accuracy and precision of the thermodilution method. *Cardiology*. 1977;62:291-5.
  20. Berry A. Pulmonary embolism during spinal anesthesia: angiographic diagnosis via flow directed pulmonary arterial catheter. *Anesthesiology*. 1982;57:59-64.
  21. Abrams JH, Weber RE, Holmen KD. Transtracheal doppler: a new procedure for continuous cardiac output measurement. *Anesthesiology*. 1989;70:134- 8.
  22. Cahalan MK, Foster E. Training in transesophageal echocardiography: in the lab or on the job? (Editorial). *Anesth Anal*. 1995;81:217-8.
  23. Calvin JE, Driedger AA, Sibbald WJ. Does the pulmonary capillary wedge pressure predict left ventricular preload in critically ill patients? *Crit Care*. 1981;9:437-44.
  24. Mark JB, Steinbrook RA, Gugino LD. Continuous noninvasive monitoring of cardiac output with esophageal doppler ultrasound during cardiac surgery. *Anesth Analg*. 1986;65:1013-20.
  25. Perrino AC, O'Connor T, Luther M. Transtracheal doppler: cardiac output monitoring; comparison to thermodilution during noncardiac surgery. *Anesth Anal*. 1994;78:1060- 6.
  26. Bjoraker Dg, Ketcham Tr. Catheter thrombus artifactually decreases thermodilution cardiac measurements. *Anesth Analg*. 1983;62:1031-4.

---

Artigo recebido: 11/12/06  
Aceito para publicação: 24/04/07

---