

## ARTIGOS ORIGINAIS

# Avaliação Não Invasiva da Pressão Venosa Central por Ecocardiografia [10]

PAULO MARCELINO, ANA PAULA FERNANDES, SUSAN MARUM, JOAQUIM PALMEIRO RIBEIRO

Unidade de Cuidados Intensivos – Hospital de Curry Cabral, Lisboa

**Rev Port Cardiol 2002;21 (2): 125-133**

## RESUMO

*Introdução:* A Pressão Venosa Central (PVC), é um importante parâmetro hemodinâmico, reflectindo o estado de hidratação. Embora existam estudos de cálculo não invasivo da PVC por ecocardiografia, não está descrito um método de quantificação exacta da mesma.

*Objectivos:* Analisando diversos parâmetros ecocardiográficos, os autores propõem uma fórmula de cálculo da PVC que mostra boa correlação estatística com a PVC medida de forma invasiva.

*Material e Métodos:* O estudo foi efectuado em 45 doentes internados na UCI, 32 em ritmo sinusal e 13 em fibrilhação auricular, 32 dos quais submetidos a ventilação mecânica. Fizeram-se simultaneamente medições invasivas da PVC e o estudo ecocardiográfico transtorácico com *Doppler*. Os métodos estatísticos utilizados foram a correlação bivariada e análise de variâncias.

*Resultados:* Foram encontrados diversos parâmetros ecocardiográficos que mostram boa correlação com o valor da PVC medida.

A estes foram aplicados coeficientes estandardizados e obteve-se a seguinte fórmula de cálculo da PVC: (desaceleração E tricúspide) x 0,11 + (gradiente VD/AD) x 0,16 - (variação da VCI).

*Conclusão:* Acrescenta-se mais um elemento de avaliação hemodinâmica não invasiva quantificando um parâmetro até agora só avaliado de forma aproximada por esta abordagem.

## Palavras-Chave

Pressão venosa central; Ecocardiografia

## ABSTRACT

### Non-Invasive Evaluation of Central Venous Pressure by Echocardiography

*Introduction:* Central venous pressure (CVP) is an important hemodynamic parameter, reflecting the patient's volume status. Although some studies of non-invasive evaluation of CVP by echocardiography exist, an exact quantitative method has not been described.

*Objectives:* Analyzing several echocardiographic variables, the authors present an equation to calculate CVP with good statistical correlation with CVP measured invasively.

*Material and Methods:* The study included 45 patients, 32 undergoing mechanical ventilation, 32 in sinus rhythm and 13 with atrial fibrillation. Patients underwent simultaneous CVP measurement and transthoracic Doppler echocardiography. Statistical analysis was performed using bivariate correlation and analysis of variance.

*Results:* Several echocardiographic parameters measured showed a good correlation with the measured CVP. Standardized coefficients were applied to them and an equation to calculate CVP was obtained (tricuspid E deceleration) x 0.11 + (RU/RA gradient) x 0.16 - (IVC variation).

*Conclusion:* This new method seems reliable to evaluate non-invasively a hemodynamic parameter that until now has only been measured approximately by this approach.

## Key words

Central venous pressure; Echocardiography

## INTRODUÇÃO

É hoje possível fazer-se uma análise pormenorizada do estado hemodinâmico dos doentes por exame não invasivo, utilizando a ecocardiografia.

Se uma primeira abordagem ecocardiográfica pode dar a noção do estado de repleção hídrica ou identificar a natureza de uma hipotensão, utilizando o estudo *Doppler* é possível quantificar importantes parâmetros hemodinâmicos tais como o débito cardíaco<sup>(1)</sup>, a pressão telediastólica do ventrículo esquerdo<sup>(2,3)</sup> e as pressões do coração direito<sup>(4,5)</sup>.

A avaliação da pressão venosa central pode ser feita pela análise da veia cava inferior (VCI) e respectivo colapso inspiratório, calculando-se assim o índice da VCI. Obtém-se um valor aproximado e não um valor exacto, mas que mostra boa correlação com os valores obtidos de forma invasiva<sup>(6,7,8)</sup>. Encontram-se descritos outros métodos de cálculo da PVC através da análise do fluxo das veias hepáticas<sup>(9)</sup>, bem como de outras veias de grande calibre acessíveis às técnicas de *Doppler*<sup>(10,11)</sup>. Descrevem-se igualmente alterações do *Doppler* transvalvular tricúspide perante alterações da pré-carga<sup>(12)</sup>.

Porém, não se encontra descrito nenhum método não invasivo de quantificação exacta da PVC. O estudo apresentado pelos autores teve como objectivo encontrar um método de cálculo quantificado da PVC, aplicável a um número alargado de doentes, especialmente nos submetidos a ventilação mecânica numa unidade de Cuidados Intensivos Polivalente.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi efectuado em 45 doentes internados numa UCI polivalente, aleatoriamente seleccionados. Destes, 30 eram do sexo masculino e 15 do sexo feminino, com uma média etária de 61 anos, trinta e dois dos quais sob suporte ventilatório. Trinta e dois doentes encontravam-se em ritmo sinusal, e 13 em fibrilhação auricular. Em relação às patologias de base, 12 doentes estavam internados por agravamento da insuficiência respiratória crónica, 10 por sépsis (sem choque hemodinâmico, definido por pressão arterial média inferior a 60 mmHg) ou outras patologias infecciosas, 6 por intoxicações diversas, e os restantes apresentavam outros diagnósticos. Excluíram-se os doentes com valvulopatias e os doentes em choque hemodinâmico (pressão arterial média inferior a 60 mmHg), e com frequência cardíaca superior a 120 bpm.

## INTRODUCTION

It is now possible to carry out a detailed analysis of a patient's hemodynamic status by non-invasive means using echocardiography.

While an initial echocardiographic assessment can give an idea of hydration status or identify the nature of hypotension, Doppler imaging can quantify important hemodynamic parameters such as cardiac output<sup>(1)</sup>, left ventricular end-diastolic pressure<sup>(2,3)</sup> and right heart pressures<sup>(4,5)</sup>.

Central venous pressure can be evaluated by analyzing the inferior vena cava (IVC) and its inspiratory collapse, and thence calculating the IVC index. An approximate value is obtained rather than a precise figure, but this shows good correlation with values obtained using invasive methods<sup>(6,7,8)</sup>. Other methods of calculating CVP have been described by analyzing hepatic vein flow<sup>(9)</sup>, as well as other large veins accessible to Doppler techniques<sup>(10,11)</sup>. Changes in transvalvular tricuspid Doppler, caused by changes in preload, are also described<sup>(12)</sup>.

However, no non-invasive method for precise quantification of CVP has been described. The aim of the study presented here was to find a method for quantified calculation of CVP that can be applied to a wider range of patients, especially those undergoing mechanical ventilation in an intensive care unit (ICU).

## METHODS

The study was performed in 45 randomly selected patients admitted to an ICU. Thirty of these patients were male and 15 female, with a mean age of 61 years, and 32 were on ventilatory support. Thirty-two patients were in sinus rhythm and 13 with atrial fibrillation. With regard to underlying pathologies, 12 patients had been admitted with worsening chronic respiratory failure, 10 with sepsis (without hemodynamic shock, defined as mean blood pressure of less than 60 mmHg) or other infections, 6 with various types of poisoning, and the remainder with other diagnoses. Patients with heart valve disease, those in hemodynamic shock (mean blood pressure less than 60 mmHg), and those with heart rate of over 120 bpm, were excluded.

In patients undergoing positive pressure mechanical ventilation, PEEP (positive end-expiration pressure) was 4 cmH<sub>2</sub>O, the same in all patients.

Nos doentes submetidos a ventilação mecânica com pressão positiva, a PEEP foi de 4 cm H<sub>2</sub>O, igual em todos os doentes.

Em relação à avaliação ecocardiográfica geral, 7 doentes apresentavam dilatação das cavidades direitas e 3 tinham um ventrículo esquerdo dilatado com disfunção sistólica. Os restantes não apresentaram alterações a assinalar.

A pressão venosa central foi medida através de catéter venoso central colocado em veia jugular ou subclávia por método da régua de água, após correcto posicionamento do doente e verificação da localização do catéter venoso central por radiografia do tórax. O método da régua de água é o mais utilizado na avaliação da PVC, tendo sido por isso o método de comparação escolhido.

Simultaneamente, realizou-se estudo ecocardiográfico transtorácico utilizando um ecocardiógrafo ALOKA-SSD 2200 equipado com sonda de 2,5 MHz com *Doppler* contínuo, pulsado e codificado em côr. Por *Doppler* pulsado na câmara de entrada do ventrículo direito analisaram-se o fluxo de entrada neste, a relação E/A do fluxo transvalvular tricúspide dos doentes em ritmo sinusal, o tempo de desaceleração da onda E do fluxo transvalvular tricúspide, o gradiente entre o ventrículo direito e a aurícula direita por *Doppler* contínuo, a veia cava inferior com a respectiva dimensão expiratória máxima (medida a 2 cm da emergência da aurícula direita e em decúbito dorsal) e dimensão durante a inspiração. Não foi possível obter o fluxo das veias pulmonares em todos os doentes, principalmente devido à ventilação mecânica, pelo que este parâmetro não foi considerado na avaliação final. Todos estes parâmetros foram obtidos no final da expiração, com o intuito de homogeneizar as amostras. Nos treze doentes em fibrilhação auricular, a desaceleração da onda E tricúspide e o gradiente VD/AD foram calculados como a média de 5 medições. Neste grupo não foi possível determinar a relação E/A do fluxo transvalvular tricúspide.

Seguidamente, através do cálculo de uma regressão linear, determinou-se a correlação entre as diversas variáveis obtidas por *eco Doppler* cardíaco e a PVC medida, de modo a encontrar uma forma de cálculo não invasivo da PVC.

## RESULTADOS

A análise estatística dos resultados dos parâmetros analisados (*Quadro I*) mostrou o seguinte:

On general echocardiographic evaluation, 7 patients had dilatation of the right chambers and 3 had dilated left ventricles with systolic dysfunction. The others had no relevant abnormalities.

Central venous pressure was measured with a central venous catheter placed in the jugular or subclavian vein using a fluid-filled U-tube manometer, after the patient had been appropriately positioned and the location of the catheter had been verified by chest X-ray. The U-tube manometer is the most commonly used method to assess CVP, and was accordingly chosen as the method for comparison.

Simultaneously, a transthoracic echocardiographic study was performed using an Aloka SSD 2200 echocardiograph fitted with a 2.5 MHz probe with continuous-wave, pulsed and color Doppler. Using pulsed Doppler in the right ventricular inflow tract, the flow was measured here, together with the E/A ratio of tricuspid inflow in patients in sinus rhythm, deceleration time of the E wave of tricuspid inflow, the gradient between right ventricle and right atrium (RV/RA) by continuous Doppler, the inferior vena cava with the corresponding maximum expiratory diameter (measured at 2 cm from its emergence from the right atrium and in dorsal decubitus), and its diameter during inspiration. It was not possible to measure pulmonary vein flow in all patients, mainly because of mechanical ventilation, and so this parameter was not included in the final assessment. All measurements were taken at end-expiration in order to standardize the samples. In the thirteen patients with atrial fibrillation, the deceleration of the tricuspid E wave and the RV/RA gradient were calculated as the mean of 5 measurements. In this group it was not possible to determine the E/A ratio of tricuspid inflow.

Subsequently, by calculating a linear regression, the correlation between the different variables obtained by Doppler echocardiography and measured CVP was determined, in order to find a non-invasive way of calculating CVP.

## RESULTS

Statistical analysis of the results of the parameters measured (*Table I*) shows the following:

1. CVP was more significantly related to the inspiratory collapse of the vena cava, with a correlation of 67.4%, giving  $p < 0.001$ . These findings are in agree-

Quadro 1

**Correlação bivariada entre as variáveis analisadas, utilizando o método de Pearson a duas caudas**

		Desacel. E	Gradiente VD/AD	VCI 1	VCI 2	Calculada
Desaceleração	P	1.000	.048	.298	.303*	.738**
	p		.771	.047	.043	.000
Gradiente VD/AD	P	.048	1.000	.142	.087	.468**
	p	.771		.388	.598	.003
VCI 1	P	.298	.142	1.000	.843	.418**
	p	.047	.388		.000	.004
VCI 2	P	.303	.087	.843**	1.000	.632**
	p	.043	.598	.000		.000
Calculada	P	.738**	.468	.418**	.632**	1.000
	p	.000	.003	.004	.000	
Medida	P	.670**	.403*	.431**	.666**	.959**
	p	.000	.012	.003	.000	.000
E/A	P	.276	.373	.273	.457**	.502**
	p	.126	.051	.130	.009	.003
Delta VCI	P	-.186	.021	-.318*	-.778**	-.626**
	p	.222	.901	.033	.000	.000

P - correlação de Pearson; \* - p<0,001; \*\* - p<0,01  
p - valor de significância do teste de Pearson

Table 1

**Bivariate correlation between the variables analyzed, using the two-tailed Pearson's test**

		E-Decel.	Gradient RV/RA	IVC 1	IVC 2	Calculated
Deceleration	P	1.000	.048	.298	.303*	.738**
	p		.771	.047	.043	.000
RV/RA Gradient	P	.048	1.000	.142	.087	.468**
	p	.771		.388	.598	.003
IVC 1	P	.298	.142	1.000	.843	.418**
	p	.047	.388		.000	.004
IVC 2	P	.303	.087	.843**	1.000	.632**
	p	.043	.598	.000		.000
Calculated	P	.738**	.468	.418**	.632**	1.000
	p	.000	.003	.004	.000	
Measured	P	.670**	.403*	.431**	.666**	.959**
	p	.000	.012	.003	.000	.000
E/A	P	.276	.373	.273	.457**	.502**
	p	.126	.051	.130	.009	.003
Delta IVC	P	-.186	.021	-.318*	-.778**	-.626**
	p	.222	.901	.033	.000	.000

P - Pearson's correlation; \* - p<0.001; \*\* - p<0.01  
p - value of significance of Pearson's test

1. A PVC foi mais significativamente relacionável com o colapso inspiratório da VCI, com uma correlação de 67,4% para um p<0,001. Estes dados são concordantes com o descrito na literatura. O calibre expiratório da VCI não mostrou uma relação tão forte com a PVC, embora ainda estatisticamente significativa (43,1% para p<0,005). O índice da VCI, calculado pela diferença relativa entre as

ment with those described in the literature. The expiratory diameter of the vena cava did not show such a strong relation with CVP, although it was statistically significant (43.1%, p<0.005). The IVC index, calculated as the relative difference between the diameter of the vena cava at expiration and inspiration, showed a relation with measured CVP (p<0.0001) – Fig. 1. Its mean value was

dimensões da veia cava em expiração e inspiração, mostrou-se relacionável com a PVC medida ( $p < 0.0001$ ) – Fig. 1. O seu valor médio foi de 14,9%, inferior ao valor normal descrito<sup>(13)</sup>, o que pode estar associado ao valor médio elevado das PVCs medidas (14,8 cm H<sub>2</sub>O) e à ventilação mecânica.

2. Foi obtida uma relação igualmente significativa entre a desaceleração da onda E do fluxo transvalvular tricúspide e o valor da PVC (67,0% para  $p < 0,001$ ). O valor médio deste parâmetro foi de 110 ms (52-220ms).
3. O gradiente entre o ventrículo direito e a aurícula direita mostrou uma correlação com a PVC de 40,3% para  $p < 0,05$ . O valor médio deste gradiente no grupo de doentes estudado foi de 18,7 mmHg (0-102 mmHg).
4. Assistiu-se igualmente a uma boa correspondência entre a relação E/A do fluxo transvalvular tricúspide e a PVC nos doentes em ritmo sinusal, embora a consideração deste parâmetro exclua os doentes em fibrilhação auricular.
5. Quando comparadas entre si, as variáveis independentes não mostraram correlação estatisticamente significativa, à excepção da desaceleração da onda E tricúspide e da relação E/A do fluxo transvalvular tricúspide.

Assim, os preditores do valor da PVC foram a desaceleração da onda E tricúspide, o colapso inspiratório da VCI e o gradiente entre o ventrículo direito e a aurícula direita. A estes

14.9%, lower than the figure usually reported<sup>(13)</sup>, which may be related to the high mean value of the CVPs measured (14.8 cmH<sub>2</sub>O) and to mechanical ventilation.

2. An equally significant relation was obtained between the deceleration of the E wave of tricuspid inflow and the value of CVP (67.0%,  $p < 0.001$ ). The mean value of this parameter was 110 ms (52-220 ms).
3. The gradient between the right ventricle and the right atrium showed a correlation with CVP of 40.3%, giving  $p < 0.05$ . The mean value of this parameter in the group of patients studied was 18.7 mmHg (0-102 mmHg).
4. A good correspondence was also seen between the E/A ratio of tricuspid inflow and CVP in patients in sinus rhythm, although inclusion of this parameter excludes patients with atrial fibrillation.
5. When compared between each other, the independent variables do not show statistically significant correlations, with the exception of the tricuspid E wave and the E/A ratio of tricuspid inflow.

Thus, the predictors of the value of CVP were the deceleration of the tricuspid E wave, the inspiratory collapse of the vena cava, and the gradient between the right ventricle and right atrium. Standardized coefficients were applied to these parameters in order to obtain an equation to calculate CVP.

**Equation:**

$$(\text{tricuspid E deceleration}) \times 0.11 + (\text{RV/RA gradient}) \times 0.16 - (\text{variation in IVC})$$

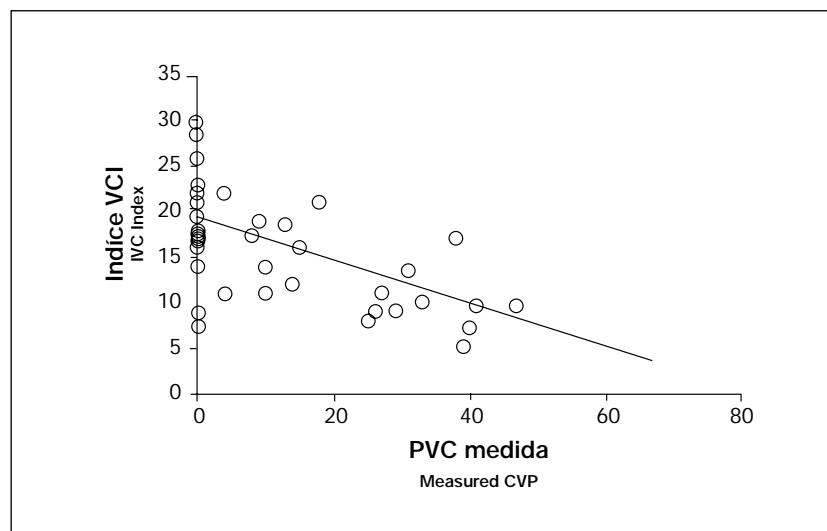


Fig. 1 Relação entre o índice da VCI e a PVC medida.

Fig. 1 Relation between IVC index and measured CVP.

foram aplicados coeficientes estandardizados para obtenção de uma fórmula de cálculo da PVC.

#### Fórmula de cálculo:

(desaceleração E tricúspide) x 0,11 + (gradiente VD/AD) x 0,16 - (variação da VCI)

Foram de seguida comparados os resultados obtidos de forma invasiva com os obtidos com a aplicação desta fórmula. A PVC assim calculada ajusta-se numa relação linear com um coeficiente de 97,8% à PVC medida, pelo que se pode dizer que são significativamente semelhantes ( $p < 0.001$ ) – Fig. 2.

### DISCUSSÃO

O objectivo inicial de encontrar um método não invasivo de quantificação da PVC foi plenamente conseguido. A fórmula aplicada mostra uma correlação estatisticamente significativa com a PVC medida de forma invasiva. Nela conjugam-se diversas variáveis influenciadoras do resultado final da PVC e não um único parâmetro.

Existem diversas publicações que estudam as características do *Doppler* do ventrículo direito perante diversas alterações hemodinâmicas. A relação E/A do fluxo transvalvular tricúspide é influenciada pelas alterações induzidas pela respiração<sup>(13)</sup>, bem como pela função diastólica e sistólica do ventrículo direito<sup>(14, 15)</sup>, à semelhança do fluxo transvalvular mitral. No estudo hemodinâmico não invasivo o gradiente de pressão entre o ventrículo direito e a aurícula direita é utilizado para deter-

The results from invasive testing were then compared with those obtained by applying this formula. CVP calculated in this way has a linear relationship with measured CVP by a coefficient of 97.8%, and so they can be said to be significantly similar ( $p < 0.001$ ) – Fig. 2.

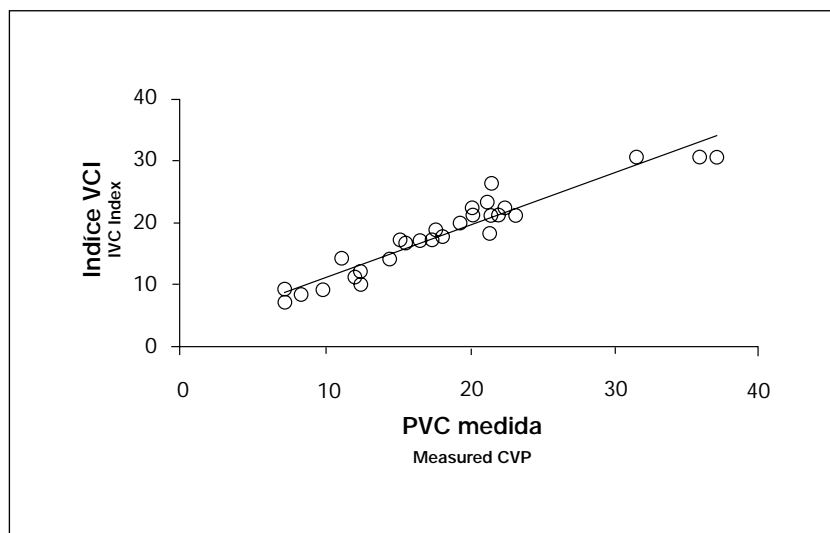
### DISCUSSION

The initial objective of finding a non-invasive method for quantifying CVP was fully achieved. The formula applied shows a statistically significant correlation with CVP measured invasively. The formula brings together several variables that influence the final result of CVP, rather than a single parameter.

Various studies have been published describing the Doppler characteristics of the right ventricle in the presence of different hemodynamic changes. The E/A ratio of tricuspid inflow is influenced by changes brought on by respiration<sup>(13)</sup>, as well as by the diastolic and systolic function of the right ventricle<sup>(14, 15)</sup>, in a similar way as for mitral inflow. In non-invasive hemodynamic study the pressure gradient between the right ventricle and the right atrium is used to determine systolic pressure in the pulmonary artery, and mitral regurgitation is used to ascertain the pressure in the left atrium<sup>(1)</sup>. Recent studies suggest that results of Doppler studies of the left and the right heart are similar<sup>(16, 17)</sup>. The E/A ratio of tricuspid inflow has not yet been clearly related to CVP, although in the present study it was significant, which may result from differences in volume status. This aspect may merit more thorough study. On the other hand, inclusion of

Fig. 2 Relação entre a PVC medida com régua de água e a calculada pela fórmula: (desaceleração E tricúspide) x 0,11 + (gradiente VD/AD) x 0,16 - (variação da VCI).

Fig. 2 Relation between CVP measured by U-tube manometer and CVP calculated by the equation: (tricuspid E deceleration) x 0.11 + (RV/RA gradient) x 0.16 - (variation in IVC).



minar a pressão sistólica da artéria pulmonar, e a regurgitação mitral para o cálculo da pressão da aurícula esquerda<sup>(1)</sup>. Os estudos recentes apontam para uma semelhança de resultados entre o estudo *Doppler* do coração esquerdo e direito<sup>(16, 17)</sup>. A relação E/A do fluxo transvalvular tricúspide não foi ainda claramente relacionada com a PVC, embora no presente estudo tenha sido significativa, o que pode estar associado a diferentes estados de volémia. Possivelmente, este aspecto é merecedor de um estudo mais aprofundado. Por outro lado, a consideração deste parâmetro excluiria os doentes em fibrilhação auricular.

A desaceleração da onda E tricúspide não é influenciada pelas variações respiratórias e os resultados obtidos com a sua análise são sobreponíveis à caracterização recente do *Doppler* transvalvular tricúspide<sup>(13)</sup>. A sua relação com as variações de volémia e consequentemente com a PVC, já se encontra referida<sup>(13)</sup>.

O gradiente entre o ventrículo e a aurícula direita, não é referido na literatura como possível influenciador do valor da PVC, mas a sua relação com a sobrecarga de pressão é sobejamente conhecida<sup>(1, 14)</sup>.

Os dados obtidos com os valores derivados da VCI estão plenamente de acordo com o que já se encontra descrito, embora para a fórmula de cálculo se tenha utilizado o valor absoluto do colapso e não o índice da VCI. De notar ainda que o calibre inspiratório da VCI não se mostrou correlacionável com a PVC, sendo neste aspecto fundamental a avaliação do colapso inspiratório da mesma.

Nenhum método descrito foi aplicado a doentes submetidos a ventilação mecânica. A avaliação ecocardiográfica da PVC, é frequentemente estabelecida pelo colapso inspiratório da VCI. A correlação entre estes dois parâmetros foi aqui confirmada, mas revela-se insuficiente para a obtenção de um valor exacto da mesma. A avaliação do fluxo das veias hepáticas revelou-se difícil no grupo de doentes por nós estudado, mas obtiveram-se outros parâmetros de *eco-Doppler*, com boa relação com a PVC e independentes entre si. As avaliações feitas pelos diversos autores revelaram-se muito sobreponíveis embora seja desejável a confirmação da reprodutibilidade dos resultados por outros ecocardiografistas.

As limitações do estudo prendem-se fundamentalmente com a aquisição de imagem e a execução do estudo *Doppler* das cavidades direitas, principalmente nos doentes sob ventila-

this parameter would exclude patients with atrial fibrillation.

The deceleration of the tricuspid E wave is not influenced by respiratory variations and the results obtained on analysis are comparable to the recent characterization of tricuspid transvalvular Doppler (13). Its relation to variations in volume and therefore to CVP have already been described<sup>(13)</sup>.

The gradient between the right ventricle and atrium is not mentioned in the literature as a factor influencing the value of CVP, but its relation with pressure overload is well known<sup>(1, 14)</sup>.

The data obtained with the values derived from the IVC are in full agreement with what has been described, although the absolute value of collapse rather than the IVC index was used in the formula. It should also be noted that the inspiratory diameter of the IVC has not been shown to correlate with CVP, and evaluation of its inspiratory collapse is therefore essential.

None of the methods described in the literature has been applied to patients undergoing mechanical ventilation. Echocardiographic assessment of CVP is frequently determined by the inspiratory collapse of the IVC. The correlation between these two parameters has been confirmed here, but it is insufficient to obtain an exact value of CVP. Assessment of flow in the hepatic veins proved difficult in the group of patients studied by us, but other Doppler echo parameters were obtained that showed a good relation with CVP and that were mutually independent. Assessments made by the various authors were very similar, although confirmation of the reproducibility of the results by other echocardiographers is desirable.

The limitations of the study are essentially related to acquiring the image and carrying out the Doppler study of the right chambers, particularly in patients undergoing mechanical ventilation. In patients who have undergone abdominal surgery, abdominal dressings can make it impossible to study the IVC.

We did not include patients with heart valve disease or in hemodynamic shock, and so the application of the equation to these patients remains to be studied. This would be of particular relevance for patients in hemodynamic shock in an intensive care unit. In patients with elevated heart rate, non-invasive hemodynamic studies are limited and unreliable.

We consider that the equation presented could be useful when a quantified estimate of

ção mecânica. Nos doentes submetidos a cirurgia abdominal, a presença da pensos abdominais pode inviabilizar o estudo da VCI.

Não incluímos doentes com valvulopatias ou em choque hemodinâmico, pelo que a aplicação desta fórmula nestes doentes deverá ser ainda estudada. Principalmente estes últimos terão particular interesse numa UCI Polivalente. Nos doentes com frequência cardíaca elevada, o estudo hemodinâmico não invasivo é limitado e pouco fidedigno.

Pensamos que a fórmula encontrada poderá ser útil quando uma estimativa quantificada da PVC é necessária e não pode ser obtida de forma invasiva. Pode ser aplicada em larga escala<sup>(18)</sup>, pelo menos em doentes internados em UCIs polivalentes e submetidos a ventilação mecânica.

### **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos à Dra. Maria João Marques pela realização do tratamento estatístico presente neste trabalho.

CVP is required and cannot be obtained by invasive means. It can be widely applied<sup>(18)</sup>, not least with patients hospitalized in intensive care units and undergoing mechanical ventilation.

### **ACKNOWLEDGEMENTS**

We are grateful to Dr. Maria João Marques for the statistical processing presented in this work.

Pedido de separatas para:  
Address for reprints:

PAULO MARCELINO  
Unidade de Cuidados Intensivos  
Hospital de Curry Cabral  
Rua da Beneficência, 8  
1069-166 LISBOA

e-mail: susan.mar@mail.telepac.pt



1. Feigenbaum H. Hemodynamic Information Derived from Echocardiography. Echocardiography. 5th Edition 1994;181-215.
2. Gonzalez-Vilchez F, Ares M, Ayuela J, Alonso L. Combined Use of Pulsed and Color M-Mode Doppler Echocardiography for the Estimation of Pulmonary Capillary Wedge Pressure: An Empirical Approach Based on an Analytical Relation. J Am Coll Cardiol 1999;34:515-23.
3. Omnen SR, Nishimura RA, Appleton CP, et al. Clinical utility of Doppler echocardiography and tissue Doppler imaging in the estimation of left ventricular filling pressures: A comparative simultaneous Doppler-catheterization study. Circulation 2000;102:1788-94.
4. Masuyama T, Kodama K, Kitabake A, et al. Continuous-wave Doppler echocardiographic detection of pulmonary regurgitation and its application to non-invasive estimation of pulmonary artery pressure. Circulation 1986;74: 484-92.
5. Ensing G, Seward J, Rarragh R, Caldwell R. Feasibility of generating hemodynamic pressure curves from non-invasive Doppler echocardiographic signals. J Am Coll Cardiol 1994; 23:434-42.
6. Minutiello L. Value of the vena cava index in healthy young subjects. Echocardiographic study. Minerva Cardioangiol 1994;42:229-32.
7. Mandelbaum A, Link A, Wambach G, Ritz E. Vena cava ultrasonography for the assessment of hydration status in kidney insufficiency. Dtsch Med Wochenschr 1993;118: 1309-15.
8. Minutiello L. Non-invasive evaluation of central venous pressure derived from respiratory variations in the diameter of the inferior vena cava. Minerva Cardioangiol 1993;41: 433-7.
9. Reeves WC, Leaman DM, Buonocore E, et al. Detection of tricuspid regurgitation and estimation of central venous pressure by two-dimensional contrast echocardiography of the right superior hepatic vein. Am Heart J 1981; 102:374-7.
10. Cozcolluela MR, Sarria L, Sanz L, et al. Correlation of central venous pressure with Doppler waveform of the common femoral veins. J Ultrasound Med 2000;19:587-92.
11. Nahum E, Dagan O, Sulkes J, Schoefeld T. A comparison between continuous central venous pressure measurement from right atrium and abdominal vena cava or common iliac vein. Intensive Care Med 1996;22:571-4.
12. Kyriakides ZS, Kremastinos DT, Paraskevaides IA, et al. Effects of a preload increase on ventricular filling in coronary artery disease. Cardiology 1993;82:229-37.
13. Klein AL, Dominic YL, Murray RD, et al. Effects of Age and Physiologic Variables on Right Ventricular Filling Dynamics in Normal Subjects. Am J Cardiol 1999; 84:440-8.
14. Tominaga T, Oki T, Okushi H, et al. Diastolic right ventricular hemodynamics in right ventricular overloads assessed by pulsed Doppler echocardiography. J Cardiol 1988;18:1115-26.
15. Seibold H, Henze E, Kohler J, et al. Right ventricular function in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Klin Wochenschr 1985;63:1041-7.
16. Zoghbi WA, Habib GB, Quinones MA. Doppler assessment of right ventricular filling in a normal population: comparison with left filling dynamics. Circulation 1990;82: 1316-24.
17. Iwase M, Nagata K, Izawa H, et al. Age-related changes in left and right ventricular filling velocity profiles and their relationship in normal subjects. Am Heart J 1993;126:419-26.
18. Randazzo MR, Snoey ER. Accuracy of emergency physician assessment of left ventricular ejection fraction and central venous pressure using echocardiography. Acad Emerg Med 2001;8:550-1.

---

### À ATENÇÃO DOS AUTORES

Lembra-se que a reprodução de figuras de outras publicações (livros ou revistas) está sujeita às normas de *copyright* pelo qual deverá ser solicitadas pelos autores, com antecedência aos editores.

Em caso de dúvida contacte o secretariado da Revista Portuguesa de Cardiologia.