

Artigo Original

Original Article

Paulo Marcelino¹
Nuno Germano²
Ana Paiva Nunes²
Lígia Flora³
Ana Moleiro²
Susan Marum¹
Ana Paula Fernandes¹

Determinantes cardíacas do tempo de ventilação mecânica e mortalidade de doentes com insuficiência respiratória crónica exacerbada. A importância dos parâmetros ecocardiográficos

Cardiac influence on mechanical ventilation time and mortality in exacerbated chronic respiratory failure patients. The role of echocardiographic parameters

Recebido para publicação/received for publication: 05.08.19
Aceite para publicação/accepted for publication: 06.01.23

Resumo

Objectivo: estudar determinantes cardiovasculares condicionantes do tempo de ventilação, mortalidade e gravidade de doença em doentes admitidos numa unidade de cuidados intensivos para ventilação mecânica por exacerbação de insuficiência respiratória crónica.

Desenho e local: Estudo prospectivo, com duração de 30 meses numa unidade de cuidados intensivos médico-cirúrgica com 14 camas.

Abstract

Objective: To study the influence of cardiac status on the length of mechanical ventilation, outcome and disease severity in patients admitted to an Intensive Care Unit (ICU) with exacerbation of chronic respiratory failure.

Design and setting: A 30-month prospective study in a 14 bed ICU

Patients and methods: Fifty nine patients were enrolled, with a mean age 74.7 +/- 9.7 years, mean

¹ Assistente Hospitalar de Medicina Interna/Internal Medicine Hospital Assistant

² Interno do Internato Complementar de Medicina Interna/Complementary Internal Medicine Intern

³ Interna do Internato Complementar de Pneumologia/Complementary Pulmonology Intern

Hospital de Curry Cabral, Unidade de Cuidados Intensivos (Director: Dr. Luís Mourão). Centro de Cardiologia da Universidade de Lisboa (CCUL)/Intensive Care Unit (Director: Dr. Luís Mourão) Curry Cabral Hospital, Lisbon University Cardiology Centre (CCUL).

Correspondência/Correspondence to: Paulo Marcelino. Hospital de Curry Cabral, Unidade de Cuidados Intensivos
Rua da Beneficência, 8
1066-169, Lisboa
e-mail: paulo-alex-ma@hotmail.com
e-mail alternativo: pmarcelino@fm.ul.pt

DETERMINANTES CARDÍACAS DO TEMPO DE VENTILAÇÃO MECÂNICA E MORTALIDADE DE DOENTES COM INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA CRÓNICA EXACERBADA. A IMPORTÂNCIA DOS PARÂMETROS ECOCARDIOGRÁFICOS

Paulo Marcelino, Nuno Germano, Ana Paiva Nunes, Lúcia Flora, Ana Moleiro, Susan Marum, Ana Paula Fernandes

Material e métodos: Estudados 59 doentes com idade média de 74,7 +/- 9,7 anos, tempo médio de ventilação de 10,8 +/- 12,6 dias, APACHE II médio de 23 +/- 8,3. Avaliaram-se parâmetros ecocardiográficos (dimensões das cavidades, débito cardíaco, estudo Doppler do fluxo transvalvular mitral, estudo da veia cava inferior) e electrocardiográficos (presença de ritmo sinusal ou fibrilhação auricular) nas primeiras 24 horas de internamento na Unidade e parâmetros gasimétricos à saída.

Resultados: Um tempo de ventilação mais prolongado associou-se à presença de fibrilhação auricular ($p=0,027$), à presença conjunta de fibrilhação auricular e uma veia cava inferior dilatada ($> 20\text{mm}$ $p=0,004$) e com níveis séricos de bicarbonato $> 35\text{mEq/l}$ na gasimetria obtida à saída ($p=0,04$). Verificaram-se 12 óbitos. A mortalidade associou-se à presença de dilatação do ventrículo direito ($p=0,03$) e a uma relação entre o ventrículo direito e o esquerdo $> 0,6$ ($p=0,04$).

Conclusão: Nos doentes submetidos a ventilação mecânica por exacerbação de insuficiência respiratória crónica, a presença de fibrilhação auricular indica a possibilidade de um período de ventilação mais prolongado, em especial se houver concomitantemente uma veia cava inferior com diâmetro $> 20\text{mm}$. Nestes doentes, a presença de dilatação das cavidades direitas pode indicar uma probabilidade mais elevada de mortalidade.

Rev Port Pneumol 2006; XII (2): 131-146

Palavras-chave: Insuficiência respiratória crónica, ventilação mecânica, ecocardiografia.

length of ventilator support 10.8 +/- 12.6 days, and mean APACHE II score 23 +/- 8.3. Within the first 24 hours of admittance, cardiac chamber dimensions, inferior vena cava (IVC), and mitral transvalvular Doppler were evaluated using transthoracic echocardiography; the cardiac rhythm was recorded (presence of sinus rhythm or atrial fibrillation). Blood gases were evaluated at discharge.

Results: Greater length of ventilation was observed in patients presenting atrial fibrillation ($p=0.027$), particularly when a dilated IVC was also present ($> 20\text{mm}$, $p=0.004$). A high level of serum bicarbonate ($> 35\text{mEq/l}$), was also related with longer ventilation ($p=0.04$). Twelve patients died. Mortality was related to the presence of a dilated right ventricle ($p=0.03$) and a ratio between right and left ventricle > 0.6 ($p=0.04$). **Conclusion:** Patients submitted to mechanical ventilation due to exacerbation of chronic respiratory failure which present atrial fibrillation require a longer ventilation period, particularly if a dilated IVC is also present. Patients with dilated right cardiac chambers are at an increased risk of a fatal outcome.

Rev Port Pneumol 2006; XII (2): 131-146

Key-words: Mechanical ventilation, chronic respiratory failure, echocardiography.

Introdução

A insuficiência respiratória crónica secundária a patologia pulmonar caracteriza-se, entre outros, por períodos de exacerbação que requerem apoio ventilatório mecânico. Após o início da ventilação mecânica, o respectivo desmame é uma fase crítica, alvo de numerosas investigações clínicas. Não existe consenso sobre a definição de ventilação prolongada¹, e esta pode variar bastante entre hospitais². A tentativa de encontrar factores relevantes de prognóstico é justificada pelas graves consequências de períodos de ventilação prolongados³⁻⁷.

No que diz respeito ao sistema cardiovascular, tem sido dada relevância à falência sistólica do ventrículo esquerdo como causa de insucesso no desmame ventilatório⁸⁻¹¹.

A hipótese colocada foi a possibilidade de existirem determinantes cardiovasculares com relevância prognóstica relativamente ao tempo de ventilação e mortalidade. Para o efeito, os autores estudaram a relação entre estes parâmetros, em especial ecocardiográficos, e o tempo de ventilação mecânica, mortalidade e indicadores de gravidade de doença em doentes admitidos para ventilação mecânica por exacerbação de insuficiência respiratória crónica numa unidade de cuidados intensivos (UCI). Fez-se um estudo prospectivo com a duração de 30 meses, em que se realizaram ecocardiogramas transtorácicos de rotina aos doentes admitidos nas condições descritas.

Material e métodos

A população-alvo foi constituída por todos os doentes admitidos na UCI para

Introduction

The pulmonary pathology of chronic respiratory failure is characterised by, among other things, periods of exacerbation during which mechanical ventilation is needed. After patients are put on mechanical ventilation, weaning them off it is a critical stage and has been studied in a number of clinical research investigations. Consensus has not yet been reached as to what constitutes prolonged ventilation¹ and this can vary from hospital to hospital². The search for relevant prognostic factors is a valid one in view of the grave consequences attendant on prolonged ventilation³⁻⁷.

Within the cardiovascular system, systolic dysfunction in the left ventricle has been flagged as a cause of failure in weaning patients off mechanical ventilation⁸⁻¹¹.

The hypothesis advanced was the possibility that cardiovascular determinants are relevant factors for the ventilation and mortality period. To this end, the authors studied the relation between these parameters, particularly echocardiographs, and the period of mechanical ventilation, mortality and indicators of severity of illness in patients admitted to ICU for mechanical ventilation for exacerbated chronic respiratory failure.

A 30-month prospective study was undertaken in which transthoracic echocardiography was routinely carried out on patients with the conditions described above.

Methods

The target population comprised all patients admitted to ICU for invasive ventilatory support for exacerbated

A insuficiência respiratória crónica secundária a patologia pulmonar caracteriza-se, entre outros, por períodos de exacerbação que requerem apoio ventilatório mecânico

DETERMINANTES CARDÍACAS DO TEMPO DE VENTILAÇÃO MECÂNICA E MORTALIDADE DE DOENTES COM INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA CRÓNICA EXACERBADA. A IMPORTÂNCIA DOS PARÂMETROS ECOCARDIOGRÁFICOS

Paulo Marcelino, Nuno Germano, Ana Paiva Nunes, Lúcia Flora, Ana Moleiro, Susan Marum, Ana Paula Fernandes

suporte ventilatório invasivo por exacerbação de insuficiência respiratória crónica. Para o efeito, consideraram-se os doentes com acidemia de causa respiratória e $\text{pH} < 7,25$ com doença pulmonar crónica conhecida. Excluídos doentes com outras causas potencialmente causadoras de exacerbação de insuficiência respiratória (síndrome coronária aguda, doença neurológica), doentes com história conhecida de fibrose pulmonar e doentes com exames ecocardiográficos transtorácicos inadequados para a aquisição dos dados ecocardiográficos.

Para a caracterização dos doentes foram considerados os seguintes parâmetros: Idade, sexo, tempo de ventilação mecânica, tempo de internamento na UCI, índices de gravidade APACHE II e SAPS II, gasimetria à saída da UCI (pH , PaO_2 , PaCO_2 e bicarbonato sérico), mortalidade (aos 28 dias de alta da UCI). O valor da pressão arterial (sistólica, diastólica e média), da frequência cardíaca e da pressão venosa central, foram registados no momento do estudo ecocardiográfico transtorácico em monitores Hewlett Packard e AGILENT. As gasimetrias foram realizadas num equipamento ABL System 600 (Radiometer, Copenhaga).

Os ventiladores utilizados foram equipamentos SIMENS SERVO.

O ritmo cardíaco foi considerado dividindo os doentes em ritmo sinusal e fibrilhação auricular. Foi considerado o primeiro electrocardiograma de 12 derivações efectuado na UCI, realizado com um equipamento Cardiosunny 500 AX.

O exame ecocardiográfico transtorácico foi executado nas primeiras 24 horas de admissão. Determinaram-se os seguintes

chronic respiratory failure. Patients with acidemia of respiratory origin, $\text{pH} < 7.25$ and known chronic pulmonary illness were considered for this sample. Excluded were patients with other potential causes of exacerbated respiratory failure (acute coronary syndrome, neurological disease), patients with a known history of pulmonary fibrosis and those with insufficient transthoracic echocardiography tests for the acquisition of data.

The following characteristics were considered for the characterization of patients: age, gender, length of mechanical ventilation, period admitted to ICU, APACHE II and SAPS II severity indexes, blood gas analysis on ICU discharge (pH , PaO_2 , PaCO_2 and serum bicarbonate) and mortality (28 days after leaving ICU). Arterial pressure (systolic, diastolic and average), cardiac rate and central venous pressure were recorded during transthoracic echocardiography on Hewlett Packard and AGILENT monitors. Blood gas analysis was made with an ABL System 600, Radiometer, Copenhagen.

SIMENS SERVOI ventilators were used. Cardiac rhythm was taken into consideration, dividing patients by sinus rhythm and auricular fibrillation. The first of 12 ECGs was considered, carried out in ICU using Cardiosunny 500 AX equipment.

The transthoracic echocardiograph was undertaken in the first 24 hours of admission. The following parameters were determined: telediastolic dimension of left ventricle (LV) and right ventricle (RV) and the left auricle (LA) in parasternal long-axis view; calculation of shortening fraction for the left ventricle in parasternal long-axis view, dimensions of right auri-

parâmetros: Dimensão telediastólica dos ventrículo esquerdo (VE) e direito (VD) e da aurícula esquerda (AE) em incidência paraesternal eixo longo; cálculo da fracção de encurtamento do ventrículo esquerdo em incidência paraesternal eixo longo; dimensões da aurícula direita (AD) em incidência apical 4-câmaras, considerando a distância entre o eco mais anterior dos folhetos da válvula tricúspide e o eco mais posterior da parede posterior da aurícula direita, em sístole. O estudo com Doppler consistiu na determinação da relação E/A do fluxo transvalvular mitral (Doppler pulsado, no final da expiração), obtido em incidência apical 4 câmaras, ao nível da abertura dos folhetos da válvula mitral; do tempo de relaxamento isovolumétrico (TRIV), obtido em incidência apical 5 câmaras, ao nível da câmara de saída do VE e na proximidade do folheto mitral anterior, a partir do registo em simultâneo do fluxo aórtico e mitral, considerando-se o tempo entre o fim do fluxo aórtico e o início do fluxo mitral; do gradiente de pressão entre o ventrículo direito e a aurícula direita em sístole utilizando a fórmula de Bernoulli modificada (Doppler contínuo), e o cálculo do débito cardíaco através da análise do Doppler pulsado transvalvular aórtico e determinação do FVI (*flow-velocity integral*), com obtenção prévia do diâmetro da raiz da aorta em incidência paraesternal eixo longo¹². Foi ainda analisada a veia cava inferior (VCI), a cerca de 2 centímetros da emergência da aurícula direita, determinando a dimensão máxima e a dimensão mínima e calculando o respectivo índice através da fórmula: (dimensão máxima - dimensão mínima) x 100/dimensão

cle in apical 4-chamber view, considering the distance between the most anterior echo of the leaflets of the tricuspid valve and the most posterior echo of the posterior right auricular wall, in systole.

The Doppler study consisted of the determination of the E/A ratio in transvalvular mitral flow (pulsed Doppler at the end of expiration), obtained in 4-chamber apical view at the level of opening of the leaflets of the mitral valve; isovolumetric relaxation time (IVRT), obtained in apical 5-chamber view, from the left ventricle exit chamber and in proximity to the anterior mitral leaflet, from simultaneous recording of aortic and mitral flow; of the pressure gradient between the right ventricle and auricle in systole using the modified Bernoulli formula (continuous Doppler), and the calculation of cardiac debit through analysis of aortic pulsed transvalvular Doppler and determination of FVI (flow-velocity integral), with prior obtaining of aortic root diameter in long-axis parasternal view¹². The inferior vena cava (IVC) was also studied, about 2 cm from the emergence of the right auricle, determining maximum and minimum dimensions and calculating the respective index by the formula (maximum dimension - minimum dimension) x 100/maximum dimension. IVC evaluation was always undertaken with positive end expiratory pressure (PEEP) below 5 cm H₂O.

An ALOKA SSD-2200 echocardiograph was used with a 2.5 Mhz cardiac probe, with pulsed, continuous and colour-coded Doppler.

Body mass of patients was calculated based on the Jacobson formula (height in centi-

DETERMINANTES CARDÍACAS DO TEMPO DE VENTILAÇÃO MECÂNICA E MORTALIDADE DE DOENTES COM INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA CRÓNICA EXACERBADA. A IMPORTÂNCIA DOS PARÂMETROS ECOCARDIOGRÁFICOS

Paulo Marcelino, Nuno Germano, Ana Paiva Nunes, Lígia Flora, Ana Moleiro, Susan Marum, Ana Paula Fernandes

máxima. A avaliação da VCI foi realizada sempre com valores de pressão positiva no final da expiração (PEEP) inferiores a 5 cm H₂O.

O equipamento utilizado foi um ecocardiógrafo ALOKA SSD-2200, com sonda cardíaca de 2,5 MHz, com Doppler pulsado, contínuo e codificado em cor.

A área corporal dos doentes foi calculada com base na fórmula de Jacobson: (altura em centímetros + peso em quilos - 60) / 100¹³.

As cavidades cardíacas consideraram-se dilatadas com referência à área corporal e nos seguintes valores: Ventrículo esquerdo > 32 mm/m², ventrículo direito > 14 mm/m² e aurícula esquerda > 22 mm/m²¹⁴. A relação entre as dimensões telediastólicas do VD e VE foram igualmente determinadas, considerando-se aumentadas se superiores a 0,6 (razão VD/VE > 0,6). O débito cardíaco foi considerado normal no intervalo entre os 2,4 l/m² e os 4 l/m². A veia cava inferior considerou-se dilatada se a sua dimensão máxima fosse > 20 mm.

A análise estatística descritiva consistiu no registo de médias e desvios-padrão para cada uma das variáveis estudadas.

Os restantes parâmetros avaliados foram confrontados com os resultados definidos como objectivos principais (variáveis independentes): tempo de ventilação, resultado (mortalidade aos 28 dias), índice APACHE II e SAPS II.

A análise estatística consistiu na análise de regressão linear entre as variáveis dependentes (ecocardiográficas e resultados de gasimetria arterial) e as variáveis independentes (mortalidade, tempo de ventilação e índices de gravidade).

metres + weight in kilos - 60)/100¹³.

Cardiac cavities were considered dilated in relation to body mass and the following values: left ventricle > 32 mm/m², right ventricle > 14 mm/m² and left auricle > 22 mm/m² (14). The relation between the telediastolic dimensions of the LV and RV were also determined and considered as raised if above 0.6 (RV/LV ratio > 0.6). Cardiac debit was considered normal between 2.4 l/m² and 4 l/m². The inferior vena cava was deemed as dilated when its maximum dimension was > 20 mm.

The other parameters studied were compared with the results defined as main objectives (independent variables): period of ventilation, result (mortality at 28 days), APACHE II and SAPS II indexes. Statistical analysis consisted of a study of linear regression between the dependent variables (echocardiographs and results of arterial gas measurement) and the independent variables (mortality, period of ventilation and severity indexes).

Results

Data was collected over a 30-month period between August 2002 and February 2005. During this time, 124 patients presented exacerbated chronic respiratory failure. Of these patients, 19 were put on mechanical ventilation, 16 presented poor quality echocardiogram tests preventing the gathering of required information and 2 patients had a known history of pulmonary fibrosis. In 29 patients, a transthoracic echocardiogram was not taken (the echocardiogram test requires the presence of researchers trained and fully conversant with PM, NG, APF and SM techniques. Fifty-nine patients were involved.

Resultados

Os dados foram colhidos entre Agosto de 2002 e Fevereiro de 2005 (30 meses). Neste período de tempo foram admitidos 124 doentes por exacerbação de insuficiência respiratória crónica. Destes, 19 não foram submetidos a ventilação mecânica, 16 apresentavam exames ecocardiográficos de má qualidade, impossibilitando a recolha da informação pretendida, e 2 doentes tinham história conhecida de fibrose pulmonar. Em 29 doentes não se realizou ecocardiograma transtorácico (a realização do exame ecocardiográfico requereu a presença de autores com treino e autonomia na técnica – PM, NG, APF e SM). Incluídos 59 doentes.

A análise descritiva dos doentes estudados pode ser consultada no Quadro I. Os parâmetros ecocardiográficos estudados dos doentes apresentam-se no Quadro II e os valores médios da gasimetria à saída no Quadro III.

Do total de doentes, 14 (23,7%) eram do sexo feminino, 6 (10,1%) apresentavam um VE dilatado, 27 (45,7%) apresentavam uma dilatação do VD, 24 (40,6%) tinham uma relação $VD/VE > 0,6$, 24 (40,6%) apresentavam uma dilatação da AE e 28 (47,4%) encontravam-se em fibrilhação auricular. Em 2 doentes não foi possível avaliar a VCI, em 6 não foi possível obter o débito cardíaco e em 20 foi impossível determinar o gradiente de pressão entre o ventrículo direito e a aurícula direita da regurgitação tricúspide (não detectável). Verificaram-se 12 óbitos (20,3%).

Foram estabelecidas as seguintes correlações com o tempo de ventilação e mortalidade com significado estatístico:

- O tempo de ventilação correlacionou-

The descriptive analysis of the patients studied can be seen in Table I. The echocardiograph parameters studied in patients are presented in Table II and median blood gas values on ICU discharge in Table III.

Of the total number of patients, 14 (23.7%) were female, 6 (10.1%) presented a dilated LV, 27 (45.7%) presented dilation in RV, 24 (40.6%) had $VD/VE > 0.6$, 24 (40.6%) presented dilation of LA and 28 (47.4%) were in auricular fibrillation.

In 2 patients it was not possible to evaluate IVC, in 6 patients cardiac debit could not be obtained and in 20 subjects it was impossible to determine the pressure gradient between the right ventricle and the right auricular in tricuspid regurgitation (not detectable). Twelve deaths were recorded (20.3%).

The following correlations were established between the period of ventilation and mortality with statistical significance:

- The period of ventilation correlated with the presence of auricular fibrillation ($p=0.027$).
- The result (mortality) correlated with the dilation of RV ($p=0.032$) and with VD/VE ratio > 0.6 ($p=0.04$). These two parameters also correlated between themselves ($p=0.01$). Of the 12 deaths, 9 presented RV dilation and a VD/VE ratio of > 0.6 .
- The joint presence of auricular fibrillation with a IVC of a maximum dimension $> 20\text{mm}$ correlates with a longer period of ventilation ($p=0.004$)
- Elevated serum bicarbonate levels in blood gas analysis carried out on ICU discharge ($> 35\text{mEq/litre}$) are associated with more prolonged ventilation ($p=0.04$).

DETERMINANTES CARDÍACAS DO TEMPO DE VENTILAÇÃO MECÂNICA E MORTALIDADE DE DOENTES COM INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA CRÓNICA EXACERBADA. A IMPORTÂNCIA DOS PARÂMETROS ECOCARDIOGRÁFICOS

Paulo Marcelino, Nuno Germano, Ana Paiva Nunes, Lígia Flora, Ana Moleiro, Susan Marum, Ana Paula Fernandes

Quadro I. Análise descritiva dos doentes estudados (n=59)

Parâmetro	Valor médio	Desvio-padrão
Idade (anos)	74,8	+/- 9,7
Sexo feminino (n)	14	
Tempo médio de ventilação (dias)	10,8	+/- 12,6
APACHE II	23,01	+/- 8,32
SAPS II	51,7	+/-16,8
Índice cardíaco (l/min/m ²)	4,008	+/-0,521
Pressão arterial média (mmHg)	86	+/-18
Pressão venosa central (mmHg)	16,6	+/- 3,8
Frequência cardíaca (bpm)	96,9+/-19,8	

Legenda: l/min/m², litros por minuto por metro quadrado; mmHg, milímetros de mercúrio; bpm, batimentos por minuto

Table I. Descriptive analysis of patients studied (n=59)

Parameters	Median value	Standard deviation
Age (years)	74.8	+/- 9.7
Female (n)	14	
Average time of ventilation (days)	10.8	+/- 12.6
APACHE II	23.01	+/- 8.32
SAPS II	51.7	+/-16.8
Cardiac index (l/min/m ²)	4.008	+/-0.521
Average arterial pressure (mmHg)	86	+/-18
Central venous pressure (mmHg)	16.6	+/- 3.8
Cardiac rate (bpm)	96.9+/- 19.8	

Key: l/min/m², litres per minute per square metre; mmHg, millimetres of mercury; bpm, beats per minute

Quadro II. Parâmetros ecocardiográficos dos doentes estudados

Parâmetro	Valor médio	Desvio-padrão
Ventrículo esquerdo (mm)	46,4	+/- 7,3
Ventrículo direito (mm)	24,01	+/- 7,4
Aurícula esquerda (mm)	35,7	+/- 7,3
VD/VE	0,52	+/-0,2
VCI (mm)	18,6	+/- 4,1
Índice VCI (1%)	23,4	+/- 23,5
Regurgitação tricúspide (gradiente máximo, mmHg)	33,2	+/- 9,2
E/A mitral	0,83	+/- 0,28
TRIV (milissegundos)	92,2	+/- 21,7
Fracção de encurtamento do ventrículo esquerdo (%)	28,1	+/- 5,9

Legenda: mm, milímetros; VD/VE, relação entre a dimensão telediastólica do ventrículo direito e esquerdo; E/A, relação entre as ondas E e A do fluxo transvalvular mitral; TRIV, tempo de relaxamento isovolumétrico; VCI, veia cava inferior.

Table II. Echocardiograph parameters of patients studied

Parameter	Median value	Standard deviation
Left ventricle (mm)	46.4	+/- 7.3
Right ventricle (mm)	24.01	+/- 7.4
Left auricle (mm)	35.7	+/- 7.3
RV/LV	0.52	+/-0.2
IVC (mm)	18.6	+/- 4.1
IVC index (%)	23.4	+/- 23.5
Tricuspid regurgitation (maximum gradient mmHg)	33.2	+/- 9.2
Mitral E/A	0.83	+/- 0.28
IVRT (milliseconds)	92.2	+/- 21.7
Shortening fraction of left ventricle (%)	28.1	+/- 5.9

Key: mm, millimetres; RV/LV, relation between telediastolic dimension of left and right ventricles; E/A, relation between E and A waves of transvalvular mitral flow; IVRT, isovolumetric relaxation time; IVC, inferior vena cava.

-se com a presença de fibrilhação auricular (p=0,027).

- O resultado (mortalidade) correlacionou-se com a dilatação do VD (p=0,032) e com uma razão VD/VE > 0,6 (p=0,04). Estes dois parâmetros também se correlacionaram entre si (p=0,01). Dos 12 falecidos, 9 apresen-

Median values for ventilation and mortality among the group studied are shown in Table IV.

Other correlations were detected between the various parameters:

Auricular fibrillation correlated with a maximum IVC dimension > 20mm (p=0.024).

DETERMINANTES CARDÍACAS DO TEMPO DE VENTILAÇÃO MECÂNICA E MORTALIDADE DE DOENTES COM INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA CRÓNICA EXACERBADA. A IMPORTÂNCIA DOS PARÂMETROS ECOCARDIOGRÁFICOS

Paulo Marcelino, Nuno Germano, Ana Paiva Nunes, Lígia Flora, Ana Moleiro, Susan Marum, Ana Paula Fernandes

Quadro III. Valores da última gasimetria dos doentes com alta da UCI

Parâmetro	Valor médio	Desvio-padrão
pH	7,39	+/- 0,03
PaO2 (mmHg)	77,01	+/- 31,46
PaCO2 (mmHg)	52,9	+/- 11,25
HCO3- (mEq/l)	33,67	+/- 7,07

Legenda: mmHg, milímetros de mercúrio; mEq/l, miliequivalentes por litro; PaO2, pressão parcial de oxigénio no sangue; PaCO2, pressão parcial de dióxido de carbono no sangue; HCO3-, bicarbonato sérico.

Table III. Values of last blood gas analysis on patients discharged from ICU

Parameters	Median value	Standard deviation
pH	7.39	+/- 0.03
PaO2 (mmHg)	77.01	+/- 31.46
PaCO2 (mmHg)	52.9	+/- 11.25
HCO3- (mEq/l)	33.67	+/- 7.07

Key: mmHg, millimetres of mercury; mEq/l, milliequivalents per litre; PaO2, partial blood oxygen pressure; PaCO2, partial blood carbon dioxide pressure; HCO3-, serum bicarbonate.

Quadro IV. Correlações com significado estatístico entre diversos parâmetros avaliados e as variáveis independentes (tempo de ventilação e mortalidade). Tempo médio de ventilação do total de doentes 10,8 dias, mortalidade (20,3%, n=12).

Parâmetro	Valor médio e dp
Tempo de ventilação de doentes com fibrilhação auricular (n= 28, dias)	15,6 +/- 8,7
Tempo médio de ventilação de doentes com fibrilhação auricular e VCI > 20mm (n=11)	17,1 +/- 10,2
Tempo de ventilação dos doentes com bicarbonato sérico > 35 mEq/l (n=14)	15,3 +/- 9,9
Mortalidade de doentes com dilatação do VD (n=27)	33% (n=9)
Mortalidade de dentes com relação VD/VE aumentada (n=24)	29,2% (n=7)

Table IV. Statistically significant correlations between various parameters evaluated and independent variables (ventilation period and mortality). Average time of ventilation for all subjects 10.8 days, mortality (20.3%), n= 12)

Parameter	Median value and standard deviation
Ventilation time in patients with auricular fibrillation (n= 28, days)	15.6 +/- 8.7
Average ventilation time in patients with auricular fibrillation and IVC > 20mm (n=11)	17.1 +/- 10.2
Ventilation time in patients with serum bicarbonate > 35 mEq/l (n=14)	15.3 +/- 9.9
Mortality of patients with dilation of RV (n=27)	33% (n=9)
Mortality of patients with raised RV/LV ratio (n=24)	29.2% (n=7)

- tavam uma dilatação do VD e 7 uma relação VD/VE > a 0,6.
- A presença conjunta de fibrilhação auricular com uma VCI de dimensão máxima > 20 mm correlacionou-se com um tempo de ventilação maior (p=0,004)
- Um valor sérico de bicarbonato mais elevado na gasimetria efectuada à saída da UCI (> 35mEq/litro) associou-se a uma ventilação mais prolongada (p=0,04).

- Dilation of LA with an age > 75 years (p=0.025), with a maximum dimension of IVC > 20 mm (p=0.024) and with IVRT > 100 milliseconds (p=0.002), with LV dilation (p=0.025) and RV dilation (p=0.001)
- Age with a E/A ratio < 1 (p=0.008)
- The RV/LF relation increased with dilation of RV (p=0.001)
- RV dilation with an IVC index < 25% (p=0.022)

No Quadro IV apresentam-se as médias de ventilação e a mortalidade dos doentes referidos.

Detectaram-se outras correlações entre os diversos parâmetros:

- A fibrilhação auricular correlacionou-se com uma dimensão máxima da VCI > a 20 mm ($p=0,024$).
- A dilatação da AE com a idade > a 75 anos ($p=0,025$), com uma dimensão máxima da VCI > a 20 mm ($p=0,024$) e com um TRIV > a 100 milissegundos ($p=0,002$), com a dilatação do VE ($p=0,025$) e com a dilatação do VD ($p=0,001$)
- A idade com uma relação E/A < 1 ($p=0,008$)
- A relação VD/VE aumentada com a dilatação do VD ($p=0,001$)
- A dilatação do VD com um índice da VCI < 25% ($p=0,022$)
- O índice APACHE II associou-se ao TRIV aumentado (superior a 100 milissegundos, $p=0,002$).

Os parâmetros definidos como objectivo (tempo de ventilação, mortalidade e índices de gravidade) não se correlacionaram de forma significativa com a presença de disfunção sistólica do VE (aferida pela fracção de encurtamento), a idade ou a presença de infecção.

Discussão

A importância de parâmetros fisiológicos no tempo de ventilação do tipo de doentes por nós estudados, tais como a pressão de oclusão das vias aéreas, a pressão inspiratória máxima, a respiração frequente e rápida e as comorbilidades, foram já identificados e relacionados com o insucesso do desmame ventilatório e consequente

- APACHE II index associated with increased IVRT (over 100 milliseconds, $p=0.02$).

The parameters defined as objectives (period of ventilation, mortality and severity indexes) did not show significant correlation with the presence of systolic dysfunction of the LV (compared with the shortening fraction), age or the presence of infection.

Discussion

The importance of physiological factors such as airways occlusion pressure, maximum inspiratory pressure, frequent and rapid respiration and comorbidities to the length of ventilation in the type of patients we studied, have already been identified and related with failure in weaning off and the consequent longer period of ventilation^{3,15-21}.

These are all related to the capacity of respiratory muscles and functional breathing aspects. This study highlights some less-studied aspects with results that are not yet widely known.

The most relevant refer to the significant correlation found between the presence of auricular fibrillation and a longer period of ventilation, reinforced by dilation of the IVC, and the importance of dilation of the RV and the VD/VE ratio to mortality in the patients studied.

We did not find similar data in other studies consulted. This fact could be related to the relatively low use of echocardiogram in ICUs.

The presence of auricular fibrillation indicates a cardiac diastolic disturbance. Several published studies point to acute or chronic pulmonary pathology as the cause

aumento do tempo de ventilação^{3,15-21}. Todos eles se relacionam com a capacidade dos músculos respiratórios e aspectos funcionais respiratórios. O presente estudo colocou em relevo outros aspectos menos estudados e com resultados pouco conhecidos.

Os mais relevantes referem-se à correlação significativa encontrada entre a presença de fibrilhação auricular e um tempo de ventilação mais prolongado, reforçada pela dilatação da VCI, e a importância da dilatação do VD e da relação VD/VE para a mortalidade dos doentes estudados.

Não encontramos dados semelhantes na literatura consultada. Este facto pode estar relacionado com a relativa ausência da ecocardiografia das unidades de cuidados intensivos em geral.

A presença de fibrilhação auricular indica um distúrbio da diástole cardíaca. Existem diversos trabalhos publicados que apontam a patologia pulmonar, crónica ou aguda, como causa de um distúrbio diastólico do VE. Johnson e col²² estudaram 25 doentes com fibrose quística e *cor pulmonale* crónico, e concluíram que as modificações do Doppler cardíaco transvalvular mitral se relacionaram com a gravidade da doença de base. Schena e col²³ estudaram um conjunto de 30 doentes com doença pulmonar crónica obstrutiva e verificaram que a sobrecarga direita crónica era responsável pelas alterações do Doppler transvalvular mitral, mas independentes do padrão funcional respiratório. Outros estudos identificam um possível papel da hipoxemia, condicionante da vasoconstrição reflexa dos vasos arteriais pulmonares e que modificam as características do Doppler transvalvular mitral. Cargill e col²⁴

of diastolic disturbance and V.E. Johnson et al²² studied 25 patients with cystic fibrosis and chronic cor pulmonale, concluding that changes in the transvalvular mitral cardiac Doppler were related to the severity of underlying illness. Schena et al²³ studied a group of 30 subjects with chronic obstructive pulmonary disease and showed that chronic right-side overload was responsible for alterations in the transvalvular mitral Doppler, but independent of the functional respiratory function. Other studies identified the possible role of hypoxemia in conditioning the vasoconstriction reflex of pulmonary arteries and modifying the transvalvular mitral Doppler characteristics. Cargill et al²⁴ studied a group of 8 normal individuals, submitted to acute hypoxemia, in which alterations of the diastolic dysfunction type were seen. Another study by Boussuges et al²⁵ on a party of 8 mountaineers in the Himalayas discovered the same alterations with altitude-induced hypoxemia.

A lengthier ventilation period in patients with auricular fibrillation suggests that the LV diastolic mechanisms, altered by the cardiac consequences of the underlying illness, could be important. Even in patients with sinus rhythm, those presenting an E/A ratio in transvalvular mitral flow < 1 had a more prolonged period of ventilation, but without reaching statistical significance ($p=0.071$). A study published by us (26) on the stage of weaning in patients on ventilation for chronic respiratory failure highlighted the importance of modifications in diastole in the LV during disconnection. Thirty patients who were put on ventilators for exacer-

A presença de fibrilhação auricular indica um distúrbio da diástole cardíaca

DETERMINANTES CARDÍACAS DO TEMPO DE VENTILAÇÃO MECÂNICA E MORTALIDADE DE DOENTES COM INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA CRÓNICA EXACERBADA. A IMPORTÂNCIA DOS PARÂMETROS ECOCARDIOGRÁFICOS

Paulo Marcelino, Nuno Germano, Ana Paiva Nunes, Lígia Flora, Ana Moleiro, Susan Marum, Ana Paula Fernandes

estudaram um grupo de 8 indivíduos normais, submetidos a hipoxemia aguda, nos quais verificaram alterações do tipo disfunção diastólica. Outro estudo de Boussuges e col²⁵, que acompanharam um grupo de 8 expedicionários às montanhas dos Himalaias, verificaram as mesmas alterações com a hipoxemia induzida pela altitude.

Um maior tempo de ventilação em doentes com fibrilhação auricular sugere que os mecanismos diastólicos do VE, alterados pela repercussão cardíaca da doença de base, sejam importantes. Mesmo nos doentes em ritmo sinusal, aqueles que apresentavam uma relação E/A do fluxo transvalvular mitral < 1 tiveram um tempo de ventilação mais prolongado, mas sem atingir significado estatístico ($p=0,071$). Um estudo por nós publicado²⁶, que incidiu na fase de desmame ventilatório de doentes ventilados por insuficiência respiratória crónica, põe precisamente em destaque a importância das modificações da diástole do VE durante a desconexão. Foram avaliados 30 doentes ventilados por exacerbação de insuficiência respiratória crónica, e um aumento do TRIV correlacionou-se com o sucesso do desmame ventilatório.

Os dados sobre a VCI são um achado do estudo, e uma associação com a fibrilhação auricular influenciou significativamente o tempo de ventilação. Diversos factores podem influenciar a dimensão da VCI. Entre eles destacam-se a hipervolemia e a repercussão de patologia do ventrículo direito²⁷.

A elevação do bicarbonato sérico, obtido no momento da alta da UCI, mostrou-se igualmente relevante para o tempo de

bated chronic respiratory failure were studied and the increase in IVRT correlated with success in weaning from ventilation.

The data on the IVC are a find of this study and an association with auricular fibrillation significantly influences the period of ventilation. IVC dimension can be influenced by various factors. Among these, hypervolemia and the repercussion of right ventricle pathology are worthy of special mention²⁷.

Elevated serum bicarbonate obtained at the moment of ICU discharge shows itself to be an equally important factor for the period of ventilation. We chose blood gas analysis at the moment of discharge as being the test that was possibly closest to the pattern of base chronic insufficiency. And, in this context, a higher level of serum bicarbonate indicates a more chronic form of the disease.

If the data on positive correlation is relevant, the negative data is also worthy of mention. Prominent among these is the minor influence of the presence of LV systolic dysfunction and the dilation of LV on the time of ventilation and on mortality.

Cardiac failure as a cause of difficult weaning from ventilation is already known. Lemaire et al⁹ studied 15 patients ventilated for exacerbated chronic pulmonary failure and difficult weaning. All subjects had a previous cardiac pathology with emphasis on pulmonary hypertension ($n=4$), dilated cardiomyopathy ($n=4$), documented coronary disease ($n=5$) and cor pulmonale ($n=2$). Ventilatory weaning was monitored with a pulmonary artery catheter. Significant elevation in oc-

DETERMINANTES CARDÍACAS DO TEMPO DE VENTILAÇÃO MECÂNICA E MORTALIDADE DE DOENTES COM INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA CRÓNICA EXACERBADA.
A IMPORTÂNCIA DOS PARÂMETROS ECOCARDIOGRÁFICOS

Paulo Marcelino, Nuno Germano, Ana Paiva Nunes, Lígia Flora, Ana Moleiro, Susan Marum, Ana Paula Fernandes

ventilação. Escolhemos a gasimetria no momento da alta da UCI por ser talvez esta que mais se assemelha ao padrão de insuficiência crónica basal. E, neste sentido, um valor de bicarbonato sérico mais elevado indica uma maior cronicidade de doença.

Se os dados de correlação positiva são relevantes, os dados negativos também merecem ser comentados. De entre eles destacam-se a pouca influência da presença de disfunção sistólica do VE e a dilatação do VE no tempo de ventilação considerado e na mortalidade.

A falência cardíaca como causa de desmame ventilatório difícil é conhecida. Lemaire e col⁹ estudaram 15 doentes ventilados por exacerbação de doença pulmonar crónica e desmame difícil. Em todos foi descrita patologia cardíaca prévia, de que se destaca: Hipertensão pulmonar (n=4), cardiomiopatia dilatada (n=4), doença coronária documentada (n=5) e *cor pulmonale* (n=2). O desmame ventilatório foi monitorizado com um cateter da artéria pulmonar. Foi detectada uma elevação significativa da pressão de oclusão de um ramo da artéria pulmonar (pressão de encravamento) e da PVC logo após a desconexão da ventilação com pressão positiva (de 8mmHg para 26mmHg, no caso da pressão de encravamento, de 3mmHg para 15mmHg no caso da PVC), sugestiva da presença de insuficiência cardíaca descompensada. Contudo é necessário realçar outros dados do trabalho destes autores. O débito cardíaco indexado à área corporal dos doentes estudados foi em todas as ocasiões normal (3,7 enquanto ventilados, 4,3 em ventilação espontânea); avaliada a fracção de

clusion pressure of a branch of the pulmonary artery (wedge pressure) and CVP soon after disconnection with positive pressure (of 8mmHg to 26mmHg, in the case of wedge pressure, of 3mmHg to 15mmHg in the case of CVP), suggests the presence of uncompensated cardiac insufficiency. However, it is also necessary to stress other data in this study. Cardiac debit indexed to body mass of the subjects studied was normal in all cases (3.7 when ventilated, 4.3 in spontaneous ventilation); with measuring of the ejection fraction (average of 54%) it was not clear that these patients had left ventricular failure. The main suggestion is the existence of hypervolemia and this does compromise weaning from ventilation. Or rather, disconnection was possible after the inducement of negative hydric balance with the help of diuretics, with an average loss of 5 litres per patient in the space of a week. Water retention as a factor of difficulty in ventilatory weaning has been acknowledged for a long time²⁸. The data we have presented do not contradict Lemaire et al. We have not specifically studied the stage of weaning, only carrying out transthoracic echocardiograms in the first 24 hours of admission (and ventilation); secondly, the test we used was the echocardiogram and Lemaire et al used a pulmonary artery catheter in conjunction with myocardial scintigraphy. However, it can be established that the presence of an LV with compromised systolic function is not initially a factor for poor prognosis, considering both the ventilation period and the result (mortality).

Other factors such as age do not influence either ventilation time or mortality. The

A sobrecarga hídrica como factor de dificuldade de desmame ventilatório é conhecida desde há muito tempo

ejecção (média de 54%), não fica claro que estes doentes tinham uma falência ventricular esquerda. A principal sugestão é da existência de hipervolemia, esta sim a comprometer o desmame ventilatório. Aliás, a desconexão foi possível, após a indução de balanço hídrico negativo com a ajuda de diuréticos, com perda média de 5 litros por doente no espaço de uma semana. A sobrecarga hídrica como factor de dificuldade de desmame ventilatório é conhecida desde há muito tempo²⁸. Os dados por nós apresentados não contradizem os de Lemaire e col. Não estudámos especificamente a fase do desmame, apenas nos baseámos na realização de exames ecocardiográficos transtorácicos nas primeiras 24 horas de internamento (e ventilação); em segundo lugar, o exame utilizado por nós foi a ecocardiografia, e Lemaire e col utilizou um cateter da artéria pulmonar, em conjugação com cintigrafia miocárdica. Contudo, pode afirmar-se que a presença de um VE com função sistólica comprometida não é à partida um factor de mau prognóstico, considerando quer o tempo de ventilação, quer o resultado (mortalidade).

Outros factores, como a idade, não influenciaram quer o tempo de ventilação, quer a mortalidade. A relação encontrada entre o sistema APACHE II e o TRIV pode ser justificada no contexto da idade média dos doentes estudados e pela forte determinante do factor idade no índice APACHE II.

Limitações do estudo

Os parâmetros avaliados incidiram sobre a ecocardiografia. Não foram tidos em conta outros parâmetros da fisiologia

relation found between the APACHE II system and IVRT can be justified within the context of the average age of the subjects and by the strong determining factor of age in the APACHE II index.

Limits of study

The parameters evaluated were derived from echocardiography. Other parameters of respiratory physiology were not taken into account. However, these are all available and validated in other studies, in contrast to the data presented. A definition of patients' respiratory function would also have been fundamental, but was not made.

Conclusion

In patients admitted to an ICU for mechanical ventilation for exacerbated chronic respiratory failure the period of ventilation correlated significantly with the presence of auricular fibrillation, particularly in association with an IVC with maximum dimension of 20 cm. Mortality showed significant correlation with parameters of dilation of the right ventricle. The presence of systolic dysfunction and age were not determining factors to the period of ventilation or mortality.

respiratória. Contudo, estes estão bem presentes e validados na literatura, ao contrário dos dados apresentados.

A definição funcional respiratória dos doentes estudados seria também fundamental, mas não foi executada.

Conclusão

Em doentes admitidos numa UCI para ventilação mecânica por exacerbação de insuficiência respiratória crónica, o tempo de ventilação correlacionou-se de forma significativa com a presença de fibrilhação auricular, em especial se associada a uma VCI com dimensão máxima superior a 20 mm. A mortalidade correlacionou-se de forma significativa com parâmetros de dilatação do ventrículo direito. A presença de disfunção sistólica e a idade não foram factores condicionantes do tempo de ventilação ou da mortalidade.

Bibliografia/Bibliography

1. Gursel G. Determinants of the length of mechanical ventilation in patients with COPD in the intensive care unit. *Respiration* 2005; 72:61-67.
2. Keenan SP, Dodek P, Chan K, Hogg RS, Craib KJ, Anis AH et al. Length of ICU stay for chronic obstructive pulmonary disease varies among large community hospitals. *Intensive Care Med* 2003; 29:590-595.
3. Nevins ML, Epstein SK. Predictors of outcome for patients with COPD requiring invasive mechanical ventilation. *Chest* 2001; 119:1840-1849.
4. Epstein SK. Etiology of extubation failure and the predictive value of the rapid shallow breathing index. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152:545-549.
5. Epstein SK, Ciubotaru RL, Wong JB. Effect of failed extubation on the outcome of mechanical ventilation. *Chest* 1997; 112:186-192.
6. Epstein SK, Ciubotaru RL. Independent effects of etiology and time to reintubation on outcome for patients failing extubation. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158:489-493.

7. Seymour CW, Martinez A, Christie JD, Fuchs BD. The outcome of extubation failure in a community hospital intensive care unit: a cohort study. *Crit Care* 2004; 8:322-327.
8. Muller J, Wallukat G, Weng Y-G, Dandel M, Spiegelsberger S, Semrau S et al. Weaning from mechanical cardiac support in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy. *Circulation* 1997; 96:542-549.
9. Lemaire F, Teboul J-L, Cinotti L, Giotto G, Abrouk F, Steg G et al. Acute left ventricular dysfunction during unsuccessful weaning from mechanical ventilation. *Anesthesiology* 1988; 69:171-179.
10. Richard C, Teboul J-L, Archambaud F, Hebert J-L, Michaut P, Auzepy P. Left ventricular function during weaning of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Intensive Care Med* 1994; 20:181-186.
11. Bando K, Sun K, Binford RS, Sharp TG. Determinants of longer duration of endotracheal intubation after adult cardiac operations. *Ann Thorac Surg* 1997; 63:1026-1033.
12. Harvey Feigenbaum. *Echocardiography*. 5th ed. Malvern, Pennsylvania: Lea & Febiger, 1994.
13. Jacobson B. *Medicine and Clinical Engineering*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1977.
14. Harvey Feigenbaum. *Echocardiography*. 5th ed. Malvern, Pennsylvania: Lea & Febiger, 1994.
15. Capdevila XJ, Perrigault PF, Perey PJ, Roustan JPA, d'Athis F. Occlusion pressure and its ratio to maximum inspiratory pressure are useful predictors for successful extubation following T-piece weaning trial. *Chest* 1995; 108:482-489.
16. DeHaven B, Kirton OC, Morgan JP, Hart AML, Shatz DV, Civetta JM. Breathing measurement reduces false-negative classification of tachypneic preextubation trials failure. *Crit Care Med* 1996; 24:976-980.
17. Nevins ML, Epstein SK. Predictors of outcome for patients with COPD requiring invasive mechanical ventilation. *Chest* 2001; 119:1840-1849.
18. Leitch EA, Moran JL, Grealley B. Weaning and extubation failure in the Intensive Care Unit. *Intensive Care Med* 1996; 22:752-759.
19. Meade M, Guyatt G, Griffith L, Sinuff T, Kergl C, Esteban A et al. Predicting success in weaning from mechanical ventilation. *Chest* 2001; 120(6 Suppl):4S-24S.
20. Purro A, Appendini L, Gaetano A, Gudjonsdottir M, Doner CF, Rossi A. Physiologic determinants of

A mortalidade correlacionou-se de forma significativa com parâmetros de dilatação do ventrículo direito

DETERMINANTES CARDÍACAS DO TEMPO DE VENTILAÇÃO MECÂNICA E MORTALIDADE DE DOENTES COM INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA CRÓNICA EXACERBADA. A IMPORTÂNCIA DOS PARÂMETROS ECOCARDIOGRÁFICOS

Paulo Marcelino, Nuno Germano, Ana Paiva Nunes, Lígia Flora, Ana Moleiro, Susan Marum, Ana Paula Fernandes

ventilator dependence in long-term mechanical ventilated patients. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 161:1115-1123.

21. Seneff MG, Zimmerman JE, Knaus WA, Wagner DP. Predicting the duration of mechanical ventilation. The importance of disease and patient characteristics. *Chest* 1996; 110:469-479.

22. Jonhson GL, Kanga JF, Moffet CB, Noonan JA. Changes in left ventricular diastolic filling patterns by Doppler echocardiography in cystic fibrosis. *Chest* 1991; 99:646-650.

23. Schena M, Clini E, Errere D, Quadri A. Echo-Doppler evaluation of left ventricular impairment in chronic cor pulmonale. *Chest* 1996; 109:1446-1451.

24. Cargill R, Kiely G, Lipwirth B. Left ventricular systolic performance during acute hypoxemia. *Chest* 1995; 108:899-902.

25. Boussuges A, Molenat F, Burnet H, Cauchy E, Gardette B, Sainty J-M et al. Operation Everest III (Comex 97): modifications of cardiac function secondary to altitude-induced hypoxia. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161:264-270.

26. Marcelino P, Fernandes AP, Marum S, Ribeiro JP. Influência da diástole cardíaca no desmame ventilatório. *Rev Port Cardiol* 2002; 21:849-857.

27. Barbier C, Loubieres Y, Schmit C, Hayon C, Ricôme J-L, Jardin F et al. Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated patients. *Intensive Care Med*, 18-3-2004.

28. Sladen A, Laver MB, Pontoppidan H. Pulmonary complications and water retention in prolonged mechanical ventilation. *N Engl J Med* 1968; 279:448-452.