

Padrões de Ventilação em Anestesia. Estudo Retrospectivo *

Ventilation in Anesthesia. A Retrospective Study

Joaquim Edson Vieira, TSA¹, Basílio Afonso Ribeiro Silva², Daniel Garcia Júnior²

RESUMO

Vieira JE, Silva BAR, Garcia Jr D - Padrões de Ventilação em Anestesia. Estudo Retrospectivo

Justificativa e Objetivos - Alterações da mecânica pulmonar, diminuição da Capacidade Residual Funcional e formação de atelectasias têm sido descritas durante anestesia geral. O objetivo desta investigação foi avaliar de forma retrospectiva os padrões de ventilação mecânica adotados nas salas operatórias do Instituto Central do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP).

Método - Foram registrados dados de 240 pacientes sob anestesia geral, curarizados em ventilação mecânica. Foram observados os padrões de ventilação aplicados: volume corrente em ml (VC), frequência respiratória por minuto, pressões de vias aéreas em cmH₂O e fluxo de gases frescos em L.min⁻¹, SpO₂ e P_{ET}CO₂. Dados demográficos: sexo, idade, peso, altura foram registrados e calculado o índice de massa corpórea (IMC). Os pacientes foram separados em grupos quanto ao IMC em: < 20; 20-25; 25-30; > 30 kg/m².

Resultados - Observou-se relação linear entre volume corrente (VC) e peso (r=0,640) e IMC (r=0,467). VC por peso corpóreo (ml.kg⁻¹) mostrou-se inversamente relacionado ao IMC: IMC < 20 com 10,74 ± 1,39; IMC 20-25 em 9,67 ± 1,08; IMC 25-30 para 8,54 ± 1,09; IMC > 30 com 7,86 ± 1,26 (p < 0,001, ANOVA). Não houve diferença entre esses grupos para a frequência respiratória instalada. No momento dos registros, homens (n = 123) e mulheres (n = 117) apresentaram semelhantes SpO₂ e P_{ET}CO₂. O IMC foi semelhante em ambos os grupos. Utilizou-se pressão positiva no final da expiração (PEEP) em 78 dos procedimentos (33%).

Conclusões - Estes dados descritivos permitem afirmar que os padrões de ventilação mecânica em anestesia no HCFMUSP adotam volume corrente próximo de 9 ml.kg⁻¹, frequência respiratória em 10 incursões por minuto. O uso de PEEP não é disseminado e, quando utilizado, está próximo de 4 cmH₂O. Há correlação positiva para peso e IMC com VC. A relação entre VC por massa corpórea é inversamente relacionada ao IMC.

UNTERMS: ANESTESIA; VENTILAÇÃO: controlada mecânica

SUMMARY

Vieira JE, Silva BAR, Garcia Jr D - Ventilation in Anesthesia. A Retrospective Study

Background and Objectives - Lung mechanics impairment, Functional Residual Capacity decrease and atelectasis have been described during general anesthesia. This study aimed at retrospectively evaluating ventilation standards in place at the Central Institute, Hospital das Clínicas, Medical School, University of São Paulo (HCFMUSP).

Methods - Data on 240 patients under general anesthesia, neuromuscular block and mechanical ventilation were recorded. Ventilation standards - tidal volume in ml (VT), respiratory rate per minute, airway pressure in cmH₂O, fresh gas flow in L.min⁻¹, SpO₂ and P_{ET}CO₂ - were recorded, as well as gender, age, weight and height. Body mass index (BMI) was calculated and patients were distributed in four groups: BMI < 20; 20-25; 25-30 and > 30 kg/m².

Results - There has been a linear correlation between tidal volume (VT) and weight (r=0.640), and BMI (r=0.467). VT by body mass (ml.kg⁻¹) has shown to be inversely related to BMI: BMI < 20 with 10.74 ± 1.39; BMI 20-25 with 9.67 ± 1.08; BMI 25-30 to 8.54 ± 1.09; BMI > 30 to 7.86 ± 1.26 (p < 0.001, ANOVA). There have been no differences among groups in respiratory rate. During data collection, males (n = 123) and females (n = 117) had similar SpO₂ and P_{ET}CO₂, as well as BMI. Positive end-expiratory pressure (PEEP) was installed in 78 procedures (33%).

Conclusions - These descriptive data allow us to state that mechanical ventilation standards in anesthesia at HCFMUSP use a tidal volume close to 9 ml.kg⁻¹ and a respiratory rate of 10 incursions per minute. PEEP is not widely applied, but when installed it is approximately 4 cmH₂O. Weight and BMI had a positive correlation with VT, and VT/weight (ml.kg⁻¹) ratio was inversely related to BMI.

KEY WORDS: ANESTHESIA; VENTILATION: mechanical controlled

INTRODUÇÃO

Durante anestesia geral obtém-se analgesia, hipnose, proteção neurovegetativa e relaxamento muscular. Este último muitas vezes determina a necessidade de ventilação mecânica com intubação traqueal, como resultado do impedimento de qualquer esforço ventilatório por parte do paciente. Como fenômeno intercorrente pode ocorrer hipoxemia, sendo que vários mecanismos têm sido descritos como responsáveis pelo seu desenvolvimento e, embora sejam fenômenos interdependentes, entre os mais importantes encontram-se: a) má distribuição dos gases e alteração dos volumes pulmonares, b) propriedades mecânicas do sistema respiratório, c) controle da ventilação¹. Em pacientes em posição supina, a anestesia geral pode levar ao aparecimento de áreas de atelectasia, redução do volume pulmonar, diminuição da capacidade residual funcional (CRF) e alterações na mecânica respiratória, fatores esses que podem levar a anormalidades no processo de troca gasosa^{2,3}.

* Recebido do (Received from) Instituto Central do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP), São Paulo, SP

1. Professor Colaborador da Disciplina de Clínica Geral, Depto Clínica Médica; Assistente Doutor da Divisão de Anestesiologia do ICHC-FMUSP; Pesquisador Responsável Substituto do Laboratório Terapêutica Experimental I, FMUSP

2. ME₂ do CET/SBA do ICHC-FMUSP

Apresentado (Submitted) em 23 de novembro de 2001
Aceito (Accepted) para publicação em 02 de maio de 2002

Correspondência para (Mail to):
Dr. Joaquim Edson Vieira
Av. Dr. Arnaldo 455, Sala 1216
01246-903 São Paulo, SP
E-mail: joaquimev@hotmail.com

© Sociedade Brasileira de Anestesiologia, 2002

A anestesia pode também promover redução da complacência do sistema respiratório e aumento da resistência das vias aéreas ao fluxo de gases em consequência da redução do volume pulmonar⁴. Nessas condições o trabalho respiratório pode se intensificar ainda mais com o aumento do índice de massa corpórea (IMC). Em consequência da formação de atelectasias observa-se uma relação linear entre o aumento do IMC e a redução da capacidade residual funcional⁵.

Atribui-se como uma das causas para o desenvolvimento de hipoxemia a diminuição na distribuição da ventilação em zonas dependentes do pulmão. A perda do tônus diafragmático durante indução anestésica torna seus movimentos passivos e dependentes das pressões relativas das cavidades torácica e abdominal⁶. Além do efeito *shunt* devido à atelectasia, a hipoxemia ainda pode ser intensificada pela inibição do reflexo de vasoconstricção hipóxica induzida pela anestesia^{7,8}. Este fenômeno pode causar ainda maior desequilíbrio na relação ventilação-perfusão por aumento do fluxo sanguíneo para regiões mal ventiladas.

Algumas manobras têm sido estudadas com o objetivo de prevenir ou evitar esses fenômenos. O recrutamento alveolar, pela expansão pulmonar até sua capacidade vital, associado à aplicação de pressão positiva ao final da expiração (PEEP) são importantes recursos na prevenção do colapso de unidades alveolares. Manutenção da expansão pulmonar após manobras de recrutamento mostrou-se eficaz em diminuir áreas com aumento da densidade, observadas na tomografia computadorizada de tórax⁹.

O uso de FiO₂ a 100% mostra que a composição do ar inspirado possui importante papel na recorrência de colapso de regiões previamente expandidas¹⁰. Esse efeito durante a anestesia tem sido o fenômeno mais estudado e provavelmente envolvido na evolução de complicações pulmonares pós-operatórias. No acompanhamento de pacientes através de tomografias computadorizadas de tórax observou-se a persistência das áreas de atelectasia no período pós-operatório. Esse achado indica que as complicações pulmonares pós-operatórias podem ter se desenvolvido durante a anestesia³.

Até o presente ainda não se pode afirmar que exista uma padronização em termos de ventilação mecânica em anestesia, considerando-se diferentes situações como duração do procedimento, tipos de intervenções cirúrgicas e capacidade pulmonar pré-operatória. O Hospital das Clínicas de São Paulo realiza cerca de 2.000 cirurgias por mês. Dada a variada amostra de especialidades, os padrões de ventilação podem se apresentar bastante distintos, constituindo um ambiente ideal em termos de amostragem de assistência ventilatória.

O objetivo deste estudo foi avaliar de forma retrospectiva os padrões de ventilação mecânica adotados nas salas operatórias do Instituto Central do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP).

MÉTODO

Foram incluídos no estudo os procedimentos realizados sob anestesia geral, com bloqueio neuromuscular e ventilação mecânica, de rotina ou de urgência, no Centro Cirúrgico do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP) no período de 10 semanas compreendido entre fevereiro e abril de 2001, sendo escolhidos de forma aleatória dois dias por semana para registro das fichas de anestesia realizadas durante a manhã. Foram excluídos do estudo pacientes menores de 16 anos de idade bem como aqueles previamente internados em Unidades de Terapia Intensiva mantidos em intubação traqueal sob ventilação mecânica. O protocolo foi aprovado pela Comissão de Ética da Diretoria Clínica do HCFMUSP.

O número total de procedimentos cirúrgicos no período citado situou-se próximo de 3.500. Foram classificadas 1.064 fichas de anestesia que ocorreram no período da manhã e aproveitadas neste estudo 240 fichas adequadamente preenchidas nas quais a assistência ventilatória mecânica foi registrada, com anotações dos padrões de ventilação aplicados no início do procedimento cirúrgico. Foram colhidos também os dados demográficos do paciente, tipo de cirurgia e de anestesia. A P_{ET}CO₂ e a SpO₂ registradas neste estudo foram aquelas medidas logo após a intubação traqueal.

Foram comparados os padrões ventilatórios em dois grupos (masculino e feminino). Foram também anotados o fluxo da mistura de gases e a utilização de PEEP. O volume corrente ajustado para peso corpóreo (ml.kg⁻¹), a frequência respiratória e a pressão traqueal medida foram comparados para grupos definidos de acordo com o IMC independente do sexo. Quatro grupos foram considerados para o IMC: acima de 30, 30-25, 25-20 e abaixo de 20.

A análise estatística constou de Análise de Variância (ANOVA) entre os grupos IMC, utilizando teste de Tukey para comparação entre as médias obtidas para VC e VC/peso (dados paramétricos) ou teste de Dunn entre as médias de frequência respiratória e a pressão traqueal (análise escalonada, dados não-paramétricos). Foi utilizado o teste *t* de Student para comparação da média obtida para idade, peso, altura e IMC, fluxos de gases, SpO₂ e P_{ET}CO₂ entre os dois grupos masculino e feminino. Foi estudado o coeficiente de correlação de Spearman entre volume corrente e peso e volume corrente e IMC. O nível de significância foi considerado para *p* < 0,05.

RESULTADOS

Foram observados 240 pacientes sob anestesia geral e ventilação mecânica. Cento e dezessete mulheres e 123 homens compuseram os grupos. Os dados demográficos dos grupos masculino e feminino são apresentados como média e desvio padrão na tabela I. A idade situou-se em 49,43 ± 16,96 anos; peso em 67,33 ± 14,14 kg; altura em 1,64 ± 0,09 metros e o IMC em 24,87 ± 4,65 kg/m². Não houve diferença para idade e índice de massa corpórea (IMC) entre homens e mulheres, mas ela foi significativa para peso e altura (*p* < 0,0001).

Tabela I - Dados Demográficos (Média ± DP)

| | Total (n=240) | Masculino (n=123) | Feminino (n=117) |
|--------------------------|------------------|----------------------|---------------------|
| Idade (anos) | 49,43 ± 16,96 | 49,78 ± 17,67 | 49,06 ± 16,23 |
| Peso (kg) | 67,33 ± 14,14 | 71,58 ± 12,22 | 62,86 ± 14,68* |
| Altura (m) | 1,64 ± 0,09 | 1,69 ± 0,07 | 1,59 ± 0,08* |
| IMC (kg/m ²) | 24,87 ± 4,65 | 24,84 ± 3,53 | 24,90 ± 5,61 |

* p < 0,0001

Com a divisão da amostra total em quatro grupos observou-se relação linear entre volume corrente (VC) e peso ($r=0,640$) (Figura 1), e entre VC e IMC ($r=0,467$) (Spearman). O valor de r^2 (0,4449) explica 45% da variabilidade no valor do volume corrente relacionado à variação de peso do paciente. Cinquenta e cinco por cento da variação do VC devem estar relacionados a outros fatores. A relação entre VC/peso (ml.kg^{-1}) foi de $8,98 \pm 1,51$. Esta relação mostrou-se inversamente relacionada com média de IMC nos grupos definidos. Para IMC < 20 essa relação situou-se em $10,74 \pm 1,39 \text{ ml.kg}^{-1}$; com IMC 20-25 a relação mostrou $9,67 \pm 1,08 \text{ ml.kg}^{-1}$; para IMC 25-30 $8,54 \pm 1,09 \text{ ml.kg}^{-1}$ e para IMC > 30 esteve em $7,86 \pm 1,26 \text{ ml.kg}^{-1}$ ($p < 0,001$, ANOVA). Não houve diferença entre estes grupos para a frequência respiratória instalada nos ventiladores ($p = 0,087$, Kruskal-Wallis ANOVA on ranks). O volume corrente utilizado mostrou-se diferente entre estes grupos ($p < 0,001$), bem como a pressão traqueal medida ($p = 0,003$) utilizando-se do teste de Dunn (Tabela II). Como esperado, para pesos diferentes entre os grupos masculino e feminino, o VC foi menor entre pacientes do sexo feminino ($574,37 \pm 86,95 \text{ ml}$) em relação aos pacientes de sexo masculino ($638,49 \pm 85,31 \text{ ml}$) ($p < 0,001$; teste t de Student). No entanto, não foi encontrada diferença entre os valores dos IMC. No momento dos registros, ambos os grupos apresentavam saturação de oxigênio (SpO_2) e fração expirada de gás carbônico ($\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$) semelhantes (Tabela III). Não houve registro de episódios de hipoxemia nem hipercapnia durante esses procedimentos.

A anestesia adotada utilizou fluxos de oxigênio ($1,03 \pm 0,46 \text{ ml}$, $n = 240$), ar comprimido ($0,88 \pm 0,36 \text{ ml}$, $n = 69$) ou óxido nítrico ($1,12 \pm 0,52 \text{ ml}$, $n = 166$) que não diferiram para os grupos masculino ou feminino (Tabela III). Entre todos os procedimentos registrados, utilizou-se pressão positiva ao final da expiração (PEEP) somente em 78 (33%), com valores em $4,44 \pm 0,86 \text{ cmH}_2\text{O}$.

Tabela II - Parâmetros Ventilatórios para Diferentes Índices de Massa Corpórea - IMC. Dados em Média ± DP quando Paramétricos ou [quartil 25%-75%], quando Não Paramétricos

| | Índice de Massa Corpórea - IMC | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | < 20 (n = 29) | 20-25 (n = 99) | 25-30 (n = 90) | > 30 (n = 22) |
| VC/kg (ml.kg^{-1}) | $10,74 \pm 1,39^*$ | $9,67 \pm 1,08^*$ | $8,54 \pm 1,09^*$ | $7,86 \pm 1,26^*$ |
| VC (ml) | 500 [500-600] | 600 [550-600] | 600 [600-700] | 700 [600-800]** |
| FR (rpm) | 10 [10-10] | 10 [10-10] | 10 [9-10] | 10 [8-10] |
| Pt (cmH_2O) | 16 [12-21] | 19 [14-25] | 20 [16-25] | 22 [18-25]*** |

* p < 0,001, entre os grupos, exceto IMC 25-30 vs >30

** p < 0,001 para IMC <20 vs >30

*** p = 0,033 para IMC <20 vs >30

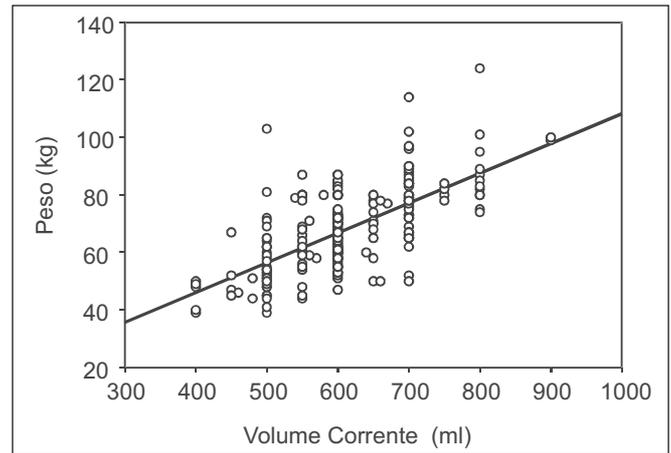
Figura 1 - Relação Linear entre Volume Corrente (VC) e Peso ($r=0,640$, Spearman)

Tabela III - Padrão de Ventilação Mecânica e Repercussão sobre Troca Gasosa (Média ± DP)

| | Total (n = 240) | Masculino (n = 123) | Feminino (n = 117) |
|--|--------------------|------------------------|-----------------------|
| VC (ml) | $606,58 \pm 92,10$ | $638,49 \pm 85,31$ | $574,37 \pm 86,95^*$ |
| SpO_2 (%) | $98,01 \pm 1,02$ | $98,02 \pm 1,02$ | $98,10 \pm 0,97$ |
| $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ (mmHg) | $31,77 \pm 4,44$ | $32,44 \pm 4,95$ | $31,09 \pm 3,75$ |
| Fluxo O_2 (L) | $1,03 \pm 0,46$ | $0,99 \pm 0,47$ | $1,04 \pm 0,44$ |
| Fluxo Ar (L) | $0,88 \pm 0,36$ | $0,81 \pm 0,24$ | $0,83 \pm 0,25$ |
| Fluxo N_2O (L) | $1,12 \pm 0,52$ | $1,13 \pm 0,58$ | $1,10 \pm 0,45$ |

* p < 0,001

DISCUSSÃO

Os dados apresentados neste estudo descritivo permitem afirmar que os padrões de ventilação mecânica em anestesia no HCFMUSP tendem a adotar volume corrente próximo de 9 ml.kg^{-1} corpóreo, com frequência respiratória em 10 in-cursões por minuto, atingindo pressão traqueal entre 16 e 22 cmH_2O . O uso de PEEP não é rotineiro e quando utilizado está próximo de 4 cmH_2O .

Os fluxos de gases frescos utilizados estiveram acima do previsto para se caracterizar anestesia de baixo fluxo (1 L.min^{-1}). Houve sempre associação de oxigênio e um segun-

dogás fresco, ar ambiente (29% da amostra) ou óxido nítrico (69% da amostra), somando aproximadamente 2 L.min⁻¹. Em estudo anterior nesta mesma instituição, o consumo de gases fresco mostrou-se elevado (2,9 L.min⁻¹) para 1000 anestésias registradas¹¹. Considerando-se que ambos levantamentos tenham observado apenas anestesia para adultos, a técnica de baixo fluxo ainda é pouco praticada no HCFMUSP. A economia de recursos propiciada por tal técnica, de acordo com Torres e col.¹¹, poderia ser revertida para instalação de programas de educação continuada em Anestesiologia.

Neste levantamento pode ser observada relação direta entre volume corrente, peso e o IMC. No entanto, a melhor relação ocorreu para peso, conforme esperado uma vez que o ajuste se faz por tal parâmetro, seja ideal ou real. As populações feminina e masculina não se mostraram diferentes para IMC, mas sim para o peso, explicando o maior VC encontrado na população masculina. O índice de massa corpórea (IMC), uma relação entre peso e altura, estabelece uma faixa de IMC considerada ideal. Utilizando os dados registrados, foi possível observar que essa relação entre IMC e VC/peso corpóreo reflete uma inversão. As equações abaixo ilustram esta relação:

Equação 1

$$IMC = \frac{\text{peso}}{\text{altura}^2}$$

$$\Leftrightarrow \text{peso} = IMC \times \text{altura}^2$$

Equação 2

$$VC = \frac{ml}{\text{peso}}$$

Equação 3

$$VC = \frac{ml}{IMC \times \text{altura}^2}$$

A equação 3 relaciona o IMC com o volume corrente obtido para o peso corpóreo. Para qualquer IMC estabelecido, o volume corrente mesmo que diretamente relacionado ao peso, não atingirá a mesma relação para o IMC considerado ideal, que relaciona pesos ideais para a faixa entre 20 a 25. Nesta situação, o VC estabelecido para pacientes com IMC elevado refletirá uma relação VC/peso real menor, dado peso real está acima do peso ideal. Essa relação inversa é previsível, pois o IMC considera uma situação ideal, incluindo uma faixa de "normalidade" entre 20 a 25.

Pacientes considerados obesos mórbidos têm maior chance de desenvolver pior troca gasosa durante anestesia. A mecânica respiratória também se mostra mais alterada neste grupo. A instalação de PEEP (10 cmH₂O) em pacientes com IMC superior a 40 kg/m² mostrou-se satisfatória para garantir melhor função respiratória, notadamente reduzindo a elastância. No entanto, para pacientes com IMC inferior a 25, esta medida não resultou em nenhuma alteração no sistema

respiratório¹². Apesar da amostra neste estudo não se constituir de obesos mórbidos, a PEEP foi instalada em apenas 4 (18%) dos pacientes com IMC acima de 30 kg/m². Considera-se, ainda, que apenas 78 pacientes (33%) receberam esse recurso de ventilação, utilizado mais provavelmente de acordo com o tipo de aparelho de anestesia disponível do que pela indicação clínica.

Pode ser importante definir se há necessidade de modos de ventilação diferenciados para VC por peso corpóreo em anestésias prolongadas, com ou sem instalação de PEEP. O uso de volume corrente elevado (15 ml.kg⁻¹) aparentemente não acarreta lesão pulmonar, investigada por níveis plasmáticos de mediadores pró-inflamatórios como interleucinas e fator de necrose tumoral, durante ventilação mecânica por uma hora em pacientes previamente hígidos¹³. No entanto, não se poderia afirmar com certeza que a ventilação mecânica mantida por intervalos de tempo mais elevados deva estar isenta de alterações sobre o sistema respiratório. A ocorrência de *shunt* parece estar relacionada diretamente à existência de maiores áreas de dependência pulmonar e com menor capacidade residual funcional¹⁴. Pode ser interessante investigar como maior VC associado ou não à PEEP pode influenciar a formação destas áreas e também a ocorrência de desvios da relação ventilação/perfusão.

Os dados desta investigação apontam para uma padronização da ventilação mecânica e o registro de padrões pode ser a base para estudos futuros de intervenção sobre os mesmos. Seria preciso documentar a evolução clínica destes pacientes para se determinar necessidades relacionadas ao tempo de anestesia, características demográficas e relativas, como IMC, e situações quando há necessidade de instalação de pressão positiva ao final da expiração (PEEP) durante a anestesia.

Ventilation in Anesthesia. A Retrospective Study

Joaquim Edson Vieira, TSA, M.D., Basílio Afonso Ribeiro Silva, M.D., Daniel Garcia Júnior, M.D.

INTRODUCTION

General anesthesia induces analgesia, hypnosis, neurovegetative protection and muscle relaxation. The latter very often calls for mechanical ventilation with tracheal intubation as a result of lack of ventilatory effort by the patient. Hypoxemia may also be an intercurrent and several mechanisms have been proposed to explain its development. Although interdependent, major events are: a) poor gas distribution and lung volume changes; b) mechanical properties of the respiratory system, c) ventilation control¹. In the supine position, general anesthesia may lead to atelectasis, decreased lung volume and functional residual capacity (FRC) and changes in respiratory mechanics, which in turn may lead to gas exchange abnormalities^{2,3}.

Anesthesia may also promote respiratory system compliance decrease and increased airway resistance to gas flow as a consequence of lung volume decrease⁴. In such conditions, respiratory efforts may be even further intensified with the increase in body mass index (BMI). As a consequence of atelectasis, there is a linear correlation between increased BMI and decreased functional residual capacity⁵.

The decrease in ventilation distribution in lung-dependent zones is considered one reason for the development of hypoxemia. The loss of diaphragmatic tone during anesthetic induction leads to passive movements dependent on relative chest and abdominal cavities pressure⁶. In addition to the shunt effect of atelectasis, hypoxemia may be further intensified by anesthesia-induced hypoxic vasoconstriction reflex inhibition^{7,8}. This phenomenon may lead to an even higher imbalance in the ventilation/perfusion ratio caused by increased blood flow to poorly ventilated areas.

Some maneuvers have been studied to prevent or avoid such events. Alveolar recruitment, by lung expansion to its vital capacity, associated to the application of positive end expiratory pressure (PEEP) are major resources to prevent alveolar collapse. The maintenance of lung expansion after recruiting maneuvers has shown to be effective in decreasing higher density areas observed in CT scans of the chest⁹. FiO₂ at 100% shows that the composition of the inspired air has an important role in the recurrence of previously expanded areas collapse¹⁰. This has been the most widely studied phenomenon in anesthesia and is likely to be involved in postoperative pulmonary complications. In the follow-up of patients with chest CT scans it has been observed a persistence of atelectasis in the postoperative period. This finding indicates that postoperative pulmonary complications might have been developed during anesthesia³.

To date, it cannot be stated that there is mechanical ventilation standardization for anesthesia when considering different situations, such as procedure duration, type of surgery and preoperative pulmonary capacity. Hospital das Clinicas, Medical School, University of São Paulo (HCFMUSP) induces approximately 2000 surgeries per month. Due to a large variety of specialty samples, ventilation standards may be very different, thus being an ideal environment for ventilatory assistance sampling.

This study aimed at retrospectively evaluating mechanical ventilation standards adopted by the (HCFMUSP).

METHODS

Participated in this study routine or emergency procedures performed under general anesthesia with neuromuscular block and mechanical ventilation in a 10-week period between February and April 2001. Two days of the week were randomly selected for recording anesthetics induced in the morning. Exclusion criteria were patients below 16 years of age and those previously admitted to Intensive Care Units and kept under tracheal intubation with mechanical ventilation. The protocol was approved by the Ethical Committee of

the Clinical Board of Directors of the Medical School, University of São Paulo.

Total surgical procedures during the mentioned period was close to 3,500. Anesthesia records (1,064) of morning procedures were classified and 240 records were selected for being correctly filled and in which mechanical ventilation was recorded with notes about ventilation standards used during surgery. Demographics data, types of surgery and anesthesia were also recorded. P_{ET}CO₂ and SpO₂ were measured soon after tracheal intubation.

Ventilatory standards were compared between two groups (male and female). Gas flow and PEEP utilization were also recorded. Tidal volume adjusted for body weight (ml.kg⁻¹), respiratory rate and tracheal pressure were compared among groups defined according to BMI, regardless of gender. Four groups were considered for BMI: > 30, 30-25, 25-20 and < 20. Data were statistically evaluated by Analysis of Variance (ANOVA) among BMI groups, using Tukey's test to compare means for VT and VT/weight (parametric data) or Dunn's test for respiratory rate and tracheal pressure (scaled analysis, non-parametric data). Student's *t* test was used to compare mean age, weight, height and BMI, gas flow, SpO₂ and P_{ET}CO₂ between male and female groups. Spearman's correlation coefficient was evaluated between tidal volume and weight, and tidal volume and BMI. Significance level was *p* < 0.05.

RESULTS

Participated in this study 240 patients under general anesthesia and mechanical ventilation. Groups were composed of 117 females and 123 males. Demographics data of male and female groups are shown in table I in means and standard deviation. Age was 49.43 ± 16.96 years; weight 67.33 ± 14.14; height 1.64 ± 0.09 m and BMI was 24.87 ± 4.65 kg/m². There have been no differences in age and body mass index (BMI) between males and females, but differences were significant for weight and height (*p* < 0.0001).

Table I - Demographics Data (Mean ± SD)

| | Total (n=240) | Male (n=123) | Female (n=117) |
|--------------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| Age (years) | 49.43 ± 16.96 | 49.78 ± 17.67 | 49.06 ± 16.23 |
| Weight (kg) | 67.33 ± 14.14 | 71.58 ± 12.22 | 62.86 ± 14.68* |
| Height (m) | 1.64 ± 0.09 | 1.69 ± 0.07 | 1.59 ± 0.08* |
| BMI (kg/m ²) | 24.87 ± 4.65 | 24.84 ± 3.53 | 24.90 ± 5.61 |

* *p* < 0.0001

With the division of the total sample in four groups, a linear relationship was noticed between tidal volume (VT) and weight (*r* = 0.640) (Figure 1), and between VT and BMI (*r* = 0.467) (Spearman). The value of *r*² (0.4449) explains 45% variation in tidal volume related to weight variation. The remaining 55% of VT variation might be related to other factors. VT/weight (ml.kg⁻¹) ratio was 8.98 ± 1.51. This ratio was inversely related to mean BMI. For BMI < 20, this ratio was 10.74 ± 1.39 ml.kg⁻¹; for BMI 20-25, it was 9.67 ± 1.08 ml.kg⁻¹;

for BMI 25-30 it was $8.54 \pm 1.09 \text{ ml.kg}^{-1}$, and for BMI > 30 it was $7.86 \pm 1.26 \text{ ml.kg}^{-1}$ ($p < 0.001$, ANOVA). There have been no differences among groups in respiratory rate installed in the ventilators ($p = 0.087$, Kruskal-Wallis ANOVA on ranks). Tidal volume was different among groups ($p < 0.001$), as well as tracheal pressure ($p = 0.003$) measured by Dunn's test (Table II).

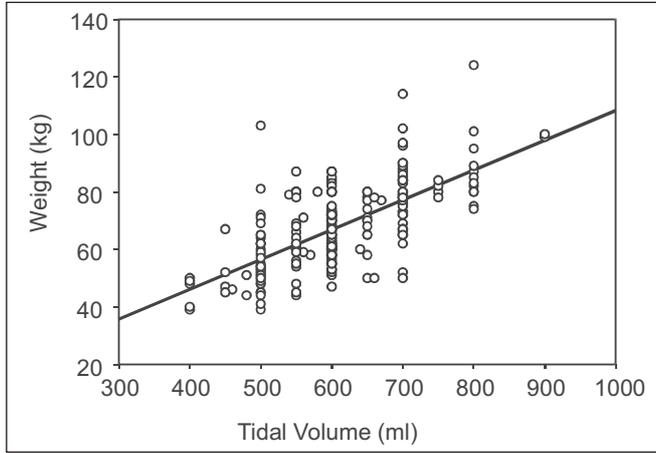


Figure 1 - Linear Relationship between Tidal Volume (VT) and Weight ($r = 0.640$ Spearman)

As expected with different weights between male and female groups, VT was lower among female patients ($574.37 \pm 86.95 \text{ ml}$), as compared to males ($638.49 \pm 85.31 \text{ ml}$) ($p < 0.001$, Student's *t* test). However, there were no differences in BMI values. At recording time, both groups presented with similar oxygen saturation (SpO_2) and carbon dioxide expired fraction ($\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$) (Table III). There were no hypoxemia or hypercapnia during these procedures. Anesthesia used oxy-

gen flow (1.03 ± 0.46 , $n = 240$), compressed air ($0.88 \pm 0.36 \text{ ml}$, $n = 69$) or nitrous oxide ($1.12 \pm 0.52 \text{ ml}$, $n = 166$) which were not different between males and females (Table III). From all recorded procedures, positive end expiratory pressure (PEEP) was only used in 78 (33%), with values of $4.44 \pm 0.86 \text{ cmH}_2\text{O}$.

DISCUSSION

Data presented in this descriptive study allow us to state that mechanical ventilation standards in anesthesia in HCFMUSP tend to adopt tidal volumes of approximately 9 ml.kg^{-1} with respiratory rate of 10 incursions per minute and tracheal pressure between 16 and 22 cmH_2O . PEEP is not routinely used and when installed it was close to $4 \text{ cmH}_2\text{O}$.

Fresh gas flows were above those needed to characterize low flow anesthesia (1 L.min^{-1}). There has always been an association of oxygen and a second fresh gas (environmental air in 29% of patients, or nitrous oxide in 69% of patients), in a total of approximately 2 L.min^{-1} . In a previous study in the same institution, fresh gas consumption has been shown to be high (2.9 L.min^{-1}) for 1,000 recorded anesthetics¹¹. Considering that both studies have only observed general anesthesia in adults, the low flow technique is still not widely used in HCFMUSP. According to Torres et al.¹¹, savings provided by this technique could be used for continuous education programs in Anesthesiology.

In our study, a direct correlation was seen between tidal volume, weight and BMI. However, the best correlation was seen for weight, as expected, since it is the parameter for adjustments, be it actual or ideal. Female and male populations did not differ in BMI but rather in weight, thus explaining a higher VT found in the male population. Body mass index

Table II - Ventilatory Parameters for Different Body Mass Indices - BMI. Data in Mean \pm SD when Parametric [quartile 25% - 75%] or Non-Parametric

| | Body Mass Index - BMI | | | |
|-------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | < 20 (n = 29) | 20-25 (n = 99) | 25-30 (n = 90) | > 30 (n = 22) |
| VT/kg (ml/kg) | $10.74 \pm 1.39^*$ | $9.67 \pm 1.08^*$ | $8.54 \pm 1.09^*$ | $7.86 \pm 1.26^*$ |
| VT (ml) | 500 [500-600] | 600 [550-600] | 600 [600-700] | 700 [600-800]** |
| RR (rpm) | 10 [10-10] | 10 [10-10] | 10 [9-10] | 10 [8-10] |
| Pt (cmH ₂ O) | 16 [12-21] | 19 [14-25] | 20 [16-25] | 22 [18-25]*** |

* $p < 0.001$, among groups, except BMI IMC 25-30 vs. >30

** $p < 0.001$ for BMI <20 vs. >30

*** $p = 0.033$ for BMI <20 vs. >30

Table III - Mechanical Ventilation Standards and Effects on Gas Exchange (Mean \pm SD)

| | Total (n = 240) | Male (n = 123) | Female (n = 117) |
|--|--------------------|--------------------|----------------------|
| VT (ml) | 606.58 ± 92.10 | 638.49 ± 85.31 | $574.37 \pm 86.95^*$ |
| SpO ₂ (%) | 98.01 ± 1.02 | 98.02 ± 1.02 | 98.10 ± 0.97 |
| P _{ET} CO ₂ (mmHg) | 31.77 ± 4.44 | 32.44 ± 4.95 | 31.09 ± 3.75 |
| O ₂ Flow (L) | 1.03 ± 0.46 | 0.99 ± 0.47 | 1.04 ± 0.44 |
| Air Flow (L) | 0.88 ± 0.36 | 0.81 ± 0.24 | 0.83 ± 0.25 |
| N ₂ O Flow (L) | 1.12 ± 0.52 | 1.13 ± 0.58 | 1.10 ± 0.45 |

* $p < 0.001$

(BMI) - a ratio between weight and height - determines a BMI range which is considered ideal. With our recorded data, it was possible to observe that the ratio between BMI and VT/weight reflects an inversion. The equations below illustrate such ratio:

Equation 1

$$BMI = \frac{weight}{height^2}$$

$$\Leftrightarrow weight = BMI \times height^2$$

Equation 2

$$VT = \frac{ml}{weight}$$

Equation 3

$$VT = \frac{ml}{BMI \times height^2}$$

Equation 3 relates BMI to tidal volume obtained for body weight. For any established BMI, tidal volume, even directly related to weight, will not reach ideal BMI ratio, which relates ideal weights for a range between 20 and 25. In this situation, VT established for patients with high BMI will reflect a VT/lower actual weight ratio because actual weight is above ideal weight. This reverse ratio is to be expected because BMI considers an ideal situation with a "normality" range between 20 and 25.

Morbidly obese patients are at higher risk for developing poorer gas exchange during anesthesia. Respiratory mechanics is also impaired in this group. The installation of PEEP (10 cmH₂O) in patients with BMI above 40 kg/m² was satisfactory in assuring a better respiratory function, especially in decreasing elastance. However, for patients with BMI below 25, such measure has not resulted in respiratory system changes¹². Although without morbidly obese patients in our sample, PEEP was installed in just 4 (18%) patients with BMI above 30 kg/m². It has also to be considered that only 78 patients (33%) received this type of ventilation more likely used due to the type of available anesthesia machine than to clinical indication.

It may be important to define whether there is the need for differentiated ventilation modes for VT by body weight during prolonged anesthetics, with or without PEEP. High tidal volumes (15 ml.kg⁻¹) do not seem to induce pulmonary injury, investigated by plasma levels of pro-inflammatory mediators, such as interleukins and tumor necrosis factor, during mechanical ventilation for one hour in otherwise healthy patients¹³. However, it could not be assured that mechanical ventilation maintained for longer periods is exempt of respiratory system changes. Shunt seems to be directly related to larger lung-dependent areas and lower functional residual capacity¹⁴. It might be useful to investigate how higher VT, associated or not to PEEP, may influence the development of

such areas and also the presence of ventilation/perfusion ratio deviations.

Our data point to mechanical ventilation standardization and the recording of standards could be the basis for further studies. It would be necessary to document the clinical evolution of such patients to determine anesthesia duration-related needs, demographic and relative characteristics, such as BMI, and situations where there is the need for positive end expiratory pressure (PEEP) during anesthesia.

REFERÊNCIAS - REFERENCES

01. Auler Jr JOC, Ruiz Neto PP - Alterações pulmonares da anestesia. *Rev Bras Anesthesiol*, 1992;42:(Supl 14):15-24.
02. Brismar B, Hedenstierna G, Lundquist H et al - Pulmonary densities during anesthesia with muscular relaxation - a proposal of atelectasis. *Anesthesiology*, 1985;62:422-428.
03. Rock P, Leavell ME - Evaluation and preoperative management of the patient with respiratory disease. *ASA Refresher Courses*, 1999;27:155-167.
04. Rehder K, Mallow JE, Fibuch EE et al - Effects of isoflurane anesthesia and muscle paralysis on respiratory mechanics in normal man. *Anesthesiology* 1974;41:477-485.
05. Pelosi P, Croci M, Ravagnan I et al - The effects of body mass on lung volumes, respiratory mechanics, and gas exchange during general anesthesia. *Anesth Analg*, 1998;87:654-660.
06. Hedenstierna G, Strandberg A, Brismar B et al - Functional residual capacity, thoracoabdominal dimensions, and central blood volume during general anesthesia with muscle paralysis and mechanical ventilation. *Anesthesiology*, 1985;62:247-254.
07. Benumof JL, Wahrenbrock EA - Local effects of anesthesia on regional hypoxic pulmonary vasoconstriction. *Anesthesiology*, 1975;43:525-532.
08. Carlsson AJ, Bindsvlev L, Hedenstierna G - Hypoxia induced pulmonary vasoconstriction in the human lung. The effect of isoflurane anesthesia. *Anesthesiology*, 1987;66:312-316.
09. Rothen HU, Sporre B, Engberg G et al - Reexpansion of atelectasis during general anesthesia may have a prolonged effect. *Acta Anaesthesiol Scand*, 1995;39:118-125.
10. Rothen HU, Sporre B, Engberg G et al - Influence of gas composition on recurrence of atelectasis after a reexpansion maneuver during general anesthesia. *Anesthesiology*, 1995;82:832-842.
11. Torres MLA, Carvalho EA, Yamashiro JR et al - Análise crítica em relação ao custo de anestésicos inalatórios no HC-FMUSP, comparando-se técnica de alto fluxo com a de baixo fluxo de gases frescos. *Rev Bras Anesthesiol*, 2000;50:(Supl 25):CBA005B.
12. Pelosi P, Ravagnan I, Giurati G et al - Positive end-expiratory pressure improves respiratory function in obese but not in normal subjects during anesthesia and paralysis. *Anesthesiology*, 1999;91:1221-1231.
13. Wrigge H, Zinserling J, Stuber F et al - Effects of mechanical ventilation on release of cytokines into systemic circulation in patients with normal pulmonary function. *Anesthesiology*, 2000;93:1413-1417.
14. Dueck R, Prutow R, Davies NJ et al - The lung volume at which shunting occurs with inhalation anesthesia. *Anesthesiology*, 1988;69:854-861.

RESUMEN

Vieira JE, Silva BAR, Garcia Jr D - Patrones de Ventilación en Anestesia. Estudio Retrospectivo

Justificativa y Objetivos - Alteraciones de la mecánica pulmonar, disminución de la Capacidad Residual Funcional y formación de atelectasias han sido descritas durante anestesia general. El objetivo de esta investigación fue evaluar de forma retrospectiva los patrones de ventilación mecánica adoptados en las salas operatorias del Instituto Central del Hospital de las Clínicas de la Facultad de Medicina de la Universidad de San Paulo (HCFMUSP).

Método - Fueron registrados datos de 240 pacientes bajo anestesia general, curarizados en ventilación mecánica. Fueron observados los patrones de ventilación aplicados: volumen corriente en ml (VC), frecuencia respiratoria por minuto, presiones de vías aéreas en cmH₂O y flujo de gases frescos en L.min⁻¹, SpO₂ y P_{ET}CO₂. Datos demográficos: sexo, edad, peso, altura fueron registrados y calculado el índice de masa corpórea (IMC). Los pacientes fueron separados en grupos cuanto al IMC en: <20; 20-25; 25-30; >30 kg/m².

Resultados - Se observó relación lineal entre volumen corriente (VC) y peso ($r=0,640$) y IMC ($r=0,467$). VC por peso corpóreo (ml.kg⁻¹) se mostró inversamente relacionado al IMC: IMC<20 con 10,74 ± 1,39; IMC20-25 en 9,67 ± 1,08; IMC25-30 para 8,54 ± 1,09; IMC>30 con 7,86 ± 1,26 ($p < 0,001$, ANOVA). No hubo diferencia entre esos grupos para la frecuencia respiratoria instalada. En el momento de los registros, hombres (n=123) y mujeres (n=117) presentaron semejantes SpO₂ y P_{ET}CO₂. El IMC fue semejante en ambos grupos. Se utilizó presión positiva en el final de la expiración (PEEP) en 78 de los procedimientos (33%).

Conclusiones - Estos datos descriptivos permiten afirmar que los patrones de ventilación mecánica en anestesia en el HCFMUSP adoptan volumen corriente próximo de 9 ml.kg⁻¹, frecuencia respiratoria en 10 incursiones por minuto. El uso de PEEP no es diseminado y, cuando utilizado, está próximo de 4 cmH₂O. Hay correlación positiva para peso y IMC con VC. La relación entre VC por masa corpórea es inversamente relacionada al IMC.