

$P_{ET}CO_2$ e SpO_2 Permitem Ajuste Ventilatório Adequado em Pacientes Obesos Mórbidos *

$P_{ET}CO_2$ and SpO_2 Allow Adequate Ventilatory Adjustment in Morbidly Obese Patients

Fábio Ely Martins Benseñor¹; José Otávio Costa Auler Júnior, TSA²

RESUMO

Benseñor FEM, Auler Jr JOC - $P_{ET}CO_2$ e SpO_2 Permitem Ajuste Ventilatório Adequado em Pacientes Obesos Mórbidos

JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS: Apesar das diversas propostas ventilatórias para anestesia em pacientes obesos mórbidos, um consenso não foi estabelecido. Este estudo avaliou o ajuste ventilatório nestes pacientes durante anestesia baseado na oximetria e capnografia.

MÉTODO: O consentimento prévio foi obtido da Comissão de Ética e dos pacientes. Excluíram-se tabagistas e portadores de doença cardíaca ou pulmonar. Foram estudados 11 pacientes com índice de massa corpórea (IMC) de $59,2 \pm 8,3$ submetidos à gastroplastia sob anestesia geral (Grupo O). Oito não-obesos (IMC $20,2 \pm 3,9$) submetidos à gastrectomia formaram o grupo controle (NO). Ajustou-se a ventilação visando dióxido de carbono expiratório final ($P_{ET}CO_2$) menor que 40 mmHg e saturação periférica de oxigênio (SpO_2) maior que 95%. Não se utilizou PEEP. Através de monitor respiratório CO₂SMO Plus, mediu-se espaços mortos fisiológico, alveolar e de vias aéreas (VD phy, VD alv e VD aw) e o volume corrente alveolar (VT alv). Amostras de sangue arterial e venoso central permitiram calcular PaO_2/FIO_2 e VD phy/VT. Os dados foram comparados e analisados por ANOVA ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS: Volumes corrente foram de $4,2 \pm 0,4$ mL.kg⁻¹ no Grupo O e $7,9 \pm 2,3$ mL.kg⁻¹ no Grupo NO para o peso medido, e de $11,5 \pm 1,8$ no Grupo O e $6,6 \pm 1,1$ mL.kg⁻¹ no Grupo NO para o peso ideal. A PaO_2 mostrou-se menor e o VT alveolar mostrou-se maior nos obesos ($p < 0,008$ e $0,0001$, respectivamente). Não foi encontrada diferença em $PaCO_2$, VD phy, VD alv ou VD aw.

CONCLUSÕES: A SpO_2 e a $P_{ET}CO_2$ parecem garantir ventilação adequada, a qual pode ser obtida em pacientes com obesidade mórbida com volumes corrente ajustados ao peso ideal.

Unitermos: DOENÇAS: obesidade mórbida; VENTILAÇÃO: controlada mecânica

SUMMARY

Benseñor FEM, Auler Jr JOC - $P_{ET}CO_2$ and SpO_2 Allow Adequate Ventilatory Adjustment in Morbidly Obese Patients

BACKGROUND AND OBJECTIVES: Ventilation strategies for anesthesia in morbidly obese patients have been investigated, but an agreement has not been achieved yet. This study aimed at clinically evaluating ventilation adjustments based on oximetry and capnography readings in these patients during anesthesia.

METHODS: Consent was obtained from the Institutional Ethics Committee and from patients. Smokers and respiratory or cardiac disease patients were excluded. Eleven patients with Body Mass Index (BMI) of 59.2 ± 8.3 undergoing gastroplasty under general anesthesia were studied (Group O), with a control group (NO) composed of 8 non-obese patients (BMI 20.2 ± 3.9) submitted to gastrectomy. Ventilator was adjusted to keep $P_{ET}CO_2$ below 40 mmHg and SpO_2 above 95%. PEEP was not used. Through a CO₂SMO Plus respiratory monitor, airway, alveolar and physiologic dead spaces (respectively VD aw, VD phy and VD alv), as well as alveolar tidal volume (TV alv) were measured. Arterial and central venous blood samples were used to calculate PaO_2/FIO_2 and VD phy/TV relationships. Data were compared and evaluated by ANOVA ($p \leq 0.05$).

RESULTS: Tidal volume was 4.2 ± 0.4 mL.kg⁻¹ in Group O and 7.9 ± 2.3 mL.kg⁻¹ in Group NO for measured weight, and 11.5 ± 1.8 mL.kg⁻¹ in Group O and 6.6 ± 1.1 mL.kg⁻¹ in Group NO for ideal weight. PaO_2 was lower and TV alv was higher in Group O ($p < 0.008$ and 0.0001 , respectively). No difference was found in $PaCO_2$, VD phy, VD alv and VD aw.

CONCLUSIONS: SpO_2 and $P_{ET}CO_2$ seem to assure adequate ventilation, which can be achieved in morbidly obese patients with tidal volumes adjusted to ideal weight.

Key Words: DISEASES: morbid obesity; VENTILATION: controlled mechanical

INTRODUÇÃO

A obesidade tem sido considerada, exageradamente ou não, uma das grandes epidemias do Século XX¹.

Apesar de não existirem informações específicas quanto à prevalência de obesidade no Brasil, incluindo aqueles classificados como portadores de obesidade mórbida (Índice de Massa Corpórea - IMC - maior que 40), na população submetida a procedimentos cirúrgicos eletivos ou de emergência, tem-se notado um aumento expressivo de seu número em grandes centros. Esta impressão corrobora estudos prévios^{2,3}.

A elevada prevalência de certas complicações peri-operatórias^{4,5} e de doenças crônicas incluindo diabetes melito, hipertensão arterial sistêmica e moléstias de origem vascular e cardiorrespiratória em tais pacientes^{6,7}, representa um pon-

* Recebido da (Received from) Disciplina de Anestesiologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP

• Financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, sob o número 97/11311-2

1. Médico Assistente, Doutor em Anestesiologia - FMUSP

2. Professor Titular da Disciplina de Anestesiologia - FMUSP

Apresentado (Submitted) em 22 de julho de 2003

Aceito (Accepted) para publicação em 27 de outubro de 2003

Endereço para correspondência (Correspondence to)

Dr. Fábio Ely Martins Benseñor

Rua Mauá, 934/936

01028-000 São Paulo, SP

E-mail: febensenor@ajato.com.br

© Sociedade Brasileira de Anestesiologia, 2004

to a considerar ao prover cuidados peri-operatórios a pacientes obesos mórbidos.

O volume corrente a ser empregado durante anestesia, e a busca do valor ideal tem gerado discussão na literatura médica. Bardoczky e col.⁸ compararam a ventilação com volumes corrente entre 13 e 22 ml por quilo de peso ideal e mostraram que o uso de grandes volumes durante anestesia gerou hipocapnia, ainda que não acompanhada por elevação significativa da tensão parcial de oxigênio. Volumes corrente entre 15 e 20 ml por quilo de peso ideal também já foram propostos como adequados⁵.

Com o intuito de estabelecer parâmetros que orientem de forma segura o anestesiológista durante cuidados intra-operatórios, em pacientes portadores de obesidade mórbida, este estudo avaliou, através da análise de ventilação e perfusão, a segurança na utilização de métodos de custo relativamente pequeno e de baixa complexidade (oximetria de pulso, capnografia e análise laboratorial de gases arteriais) na determinação do ajuste ventilatório adequado, durante anestesia em pacientes obesos mórbidos.

MÉTODO

A Comissão de Ética do Hospital aprovou o estudo, e o consentimento por escrito foi obtido de cada paciente na véspera da cirurgia. Fumantes durante os doze meses pregressos e aqueles que mostraram evidências clínicas ou laboratoriais de doença cardíaca ou pulmonar foram excluídos do estudo.

Os pacientes foram divididos em dois grupos de acordo com o índice de massa corpórea (IMC) em Grupo Obeso (O), com IMC igual ou maior que 40, e Grupo Não Obeso (NO), com IMC menor que 30.

O Grupo O incluiu 11 pacientes obesos mórbidos, todos do sexo feminino, submetidos à gastroplastia através de laparotomia. O Grupo NO reuniu oito pacientes (cinco do sexo masculino e três do feminino), sete dos quais submetidos à cirurgia gástrica por doença neoplásica e um à ressecção de cólon, sendo todas as cirurgias realizadas por abertura da cavidade abdominal.

Todos os pacientes foram submetidos à anestesia geral. A dose dos fármacos utilizados durante anestesia baseou-se no peso ideal (peso ideal = altura em centímetros menos 100 para pacientes do sexo masculino e menos 105 para os do sexo feminino)¹⁰.

Os pacientes receberam medicação pré-anestésica com midazolam (0,1 mg.kg⁻¹) por via muscular, 45 minutos antes da cirurgia. Na sala cirúrgica, foram monitorizados através de eletrocardiografia contínua (derivação CS-5), pressão arterial não invasiva e oximetria de pulso. Após ventilação espontânea auxiliada com oxigênio a 100%, induziu-se a anestesia com etomidato (0,3 mg.kg⁻¹) e fentanil (5 µg.kg⁻¹), seguidos de intubação orotraqueal após administração de pancurônio (0,08 mg.kg⁻¹) no Grupo NO e succinilcolina (1 mg.kg⁻¹) no Grupo O.

Após a indução, a pressão arterial invasiva, a pressão de átrio direito e a temperatura esofágica foram monitorizadas. As variáveis relativas à ventilação alveolar foram medidas

através do uso de monitor ventilatório combinando capnógrafo infra-vermelho, sensor de fluxo por diferencial de pressão através de orifício fixo e oxímetro de pulso vermelho/infra-vermelho (CO₂SMO Plus *respiratory profile monitor*, Novametrix, Wallingford, CT, EUA).

Os pacientes foram ventilados por aparelho de anestesia Linea (Intermed, São Paulo, Brasil), em modo controlado a volume através de sistema respiratório aberto ao ambiente, por meio de válvula unidirecional. As condições pré-determinadas ao protocolo impunham que o paciente fosse ventilado com volume corrente igual a 8 ml por quilo de peso ideal e frequência respiratória de 10 ciclos por minuto. Caso os níveis de dióxido de carbono ao final da expiração (P_{ET}CO₂) fossem maiores que 40 mmHg ou a saturação periférica de oxigênio fosse menor que 95%, a frequência respiratória e/ou volume corrente seriam ajustados a critério do anestesiológista responsável pelo paciente. Não foi utilizada pressão positiva ao final da expiração (PEEP).

A anestesia foi mantida com sevoflurano em concentração de 2% a 4% numa mistura diluente de ar e oxigênio em partes iguais. Análise de gases inspirados e expirados foi realizada com monitor respiratório Capnomac Ultima (Datex Instrumentarium, Helsinque, Finlândia).

A avaliação de trocas gasosas e a coleta de amostras de sangue arterial e venoso foram realizadas com o paciente em posição supina, durante pausas no ato cirúrgico, em cinco momentos: a primeira coleta (IA: após indução da anestesia) foi realizada 15 minutos após a intubação traqueal e antes da incisão cirúrgica; a segunda (AP: após abertura do peritônio), imediatamente após a abertura da parede abdominal; a terceira (AP1h), uma hora após a abertura abdominal; a quarta (FP: fechamento do peritônio) imediatamente após o término do fechamento do peritônio; e a quinta e última coleta (FC: final da cirurgia), imediatamente após o término do curativo na incisão cirúrgica.

Antes de cada coleta, o relaxamento muscular foi assegurado pela observação de monitor periférico de função neuromuscular (TOF-GUARD, Organon-Tecnica NV, Turnhout, Bélgica) e, quando necessário, por doses adicionais de pancurônio. O fluxo dos gases frescos foi fechado e, após cinco ciclos respiratórios, as informações coletadas no CO₂SMO Plus foram coletadas para aferição do espaço morto de vias aéreas (VD_{aw}), volume corrente alveolar (VT_{alv}), volume médio de CO₂ expirado em um minuto ajustado ao peso do paciente (VCO₂/kg) e pressão parcial de CO₂ (P_eCO₂), a quantidade de CO₂ em uma expiração dividida pelo volume expirado.

Amostras de sangue arterial e venoso central colhidas simultaneamente foram avaliadas por analisador clínico portátil i-Stat (*i-Stat Corporation, East Windsor, NJ, USA*) medindo as pressões arteriais de oxigênio e dióxido de carbono (respectivamente PaO₂ e PaCO₂) e o pH arterial, que permitiram o cálculo do espaço morto fisiológico (VD_{phy}), espaço morto alveolar (VD_{alv}), da relação entre o espaço morto fisiológico e o volume corrente (VD/VT_{phy}) e da relação entre pressão arterial de oxigênio e fração inspirada de oxigênio (PaO₂/F_iO₂).

Os valores estão expressos como média ± desvio padrão (DP). O teste não pareado de *t* Student ($p < 0,05$) foi usado para comparar os dados antropométricos entre pacientes obesos e não-obesos, assim como o tempo das cirurgias. O teste Exato de Fisher verificou a distribuição de pacientes dos sexos masculino e feminino entre os grupos. A fim de auferir a presença de diferenças nos valores durante os cinco momentos de coleta estabelecidos, seja entre os momentos no mesmo grupo ou entre os grupos num mesmo momento, Análise de Variância (ANOVA) para medidas repetidas foi usada, seguida então por análise através do teste de Tukey. Foi considerado o nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Todos os pacientes estudados apresentaram curso evolutivo pós-operatório dentro da normalidade, e receberam alta do hospital no tempo previsto. Nenhuma complicação relacionada ao estudo foi observada, e não foram registradas queixas pela participação no estudo por nenhum dos participantes.

Não foi detectada diferença estatística entre os dois grupos quanto à idade (respectivamente $45,4 \pm 14,3$ anos para obesos e $38,6 \pm 8,4$ anos para não-obesos, $p = 0,21$), altura (160 ± 9 cm para obesos e 163 ± 13 cm para não-obesos, $p = 0,068$) e tempo de cirurgia ($325,6 \pm 150,4$ minutos e $325 \pm 42,7$ minutos, respectivamente, para os grupos O e NO, $p = 0,991$). Todavia, os Grupos O e NO diferiram quanto ao peso ($151 \pm 16,6$ kg para obesos e $55,1 \pm 13,7$ kg para não-obesos, $p < 0,001$), IMC ($59,2 \pm 8,3$ kg.m⁻² para obesos e $20,6 \pm 4$ para não-obesos, $p < 0,001$) e distribuição quanto ao sexo (11 pacientes do sexo feminino no Grupo Obeso e 5 pacientes do sexo masculino e 3 do feminino no Grupo Não-Obeso, $p < 0,001$).

Os resultados foram divididos em três grupos, de acordo com as variáveis utilizadas para avaliar a função respiratória: 1) volume corrente e oxigenação, que incluiu PaO₂ e a relação PaO₂/FIO₂; 2) produção de dióxido de carbono, que incluiu PaCO₂, VCO₂/kg e P_{ET}CO₂; e 3) relação ventilação-perfusão, que incluiu VD aw, VT alv, VD phy, VD alv e a relação VD/VT phy.

Quanto ao volume corrente e à oxigenação, os pacientes do Grupo O foram ventilados com volume corrente médio de $4,2 \pm 0,4$ ml por quilo de peso medido ou $11,51 \pm 1,8$ ml por quilo de peso ideal, enquanto os pacientes do Grupo NO foram ventilados com $7,9 \pm 2,3$ ml por quilo de peso medido, ou $6,6 \pm 1,1$ ml por quilo de peso ideal para que estivessem dentro dos limites previamente propostos para SpO₂ e P_{ET}CO₂.

A PaO₂ não se alterou durante a cirurgia nos dois grupos, quando comparados os valores nos cinco momentos de análise. Contudo, o Grupo NO mostrou valores estatisticamente maiores de PaO₂ em todas as medidas, quando comparado aos pacientes do Grupo O (respectivamente $238,3 \pm 50,6$ e $157,6 \pm 48$ mmHg para IA, $216,1 \pm 68,1$ e $145,5 \pm 47,5$ mmHg para AP, $202,9 \pm 69,7$ e $158,3 \pm 56,3$ mmHg para AP1h, $219,1 \pm 55,5$ e $179,8 \pm 40$ mmHg para FP, $236,6 \pm 51,6$ e $180,1 \pm 49$ mmHg para FC, $p = 0,08$). Quanto à relação PaO₂/FIO₂, nenhuma alteração entre os momentos de coleta foi detectada

no Grupo NO. No Grupo O, foi constatada elevação significativa entre os momentos inicial e final de coleta (respectivamente $261,7 \pm 76,9$ e $316,1 \pm 88,4$ mmHg, $p = 0,02$). Quando comparados os dois grupos quanto à relação PaO₂/FIO₂, o Grupo NO apresentou valores estatisticamente maiores nos momentos IA ($411,7 \pm 92,2$ e $261,7 \pm 76,9$ mmHg, $p = 0,0008$), AP ($374 \pm 123,5$ e $249,2 \pm 81,3$ mmHg, $p = 0,01$) e FC ($413,8 \pm 95,5$ e $316,1 \pm 88,4$ mmHg, $p = 0,02$). Os dados relativos à oxigenação estão apresentados na figura 1.

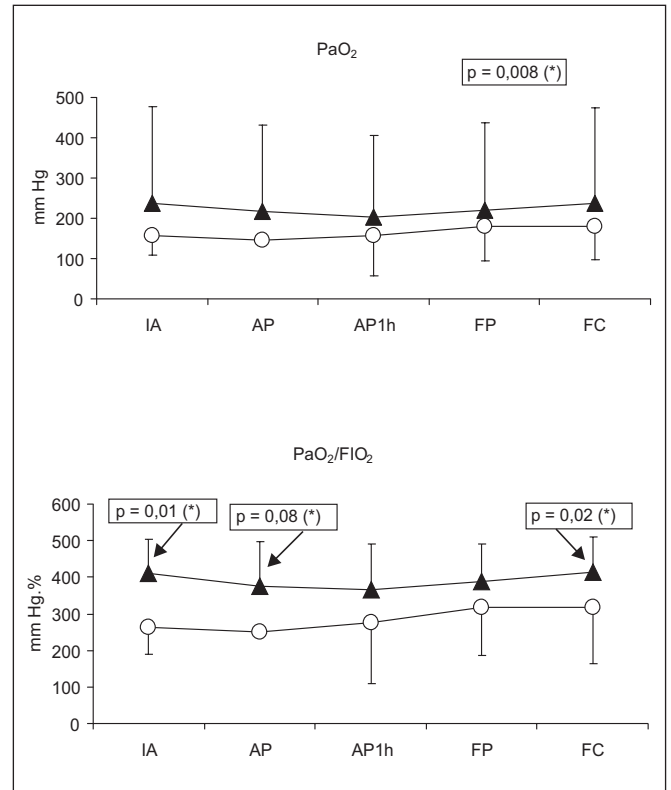


Figura 1 - Oxigenação
 Variáveis relativas à oxigenação durante anestesia em pacientes obesos mórvidos (O) e em não obesos (▲)
 IA = indução da anestesia; AP = abertura do peritônio; AP1h = uma hora após a abertura do peritônio; FP = fechamento do peritônio; FC = final da cirurgia
 O número nas caixas representa a diferença estatística entre os dois grupos em todos os momentos; os números indicados por setas representam a diferença entre os grupos apenas no momento indicado
 (*) = estatisticamente significante

A análise da produção e eliminação de CO₂, conforme esperado, não apresentou diferença entre os grupos em nenhuma das cinco comparações, provavelmente devido à precocização do protocolo de pesquisa em ajustar os parâmetros ventilatórios visando níveis de P_{ET}CO₂ menores que 40 mmHg. Apesar disso, a PaCO₂ elevou-se de forma significativa no Grupo NO entre os momentos IA e AP ($p = 0,02$), AP e AP1h ($p = 0,007$) e IA e FC ($p = 0,005$). Os valores medidos de PaCO₂ em tais momentos foram de $34 \pm 5,1$ mmHg em IA, $36,5 \pm 5,2$ mmHg em AP, $39,7 \pm 7,2$ mmHg em AP1h e $38,8 \pm 6,4$ mmHg em FC.

VCO₂/kg mostrou valores mais baixos no Grupo O em relação ao Grupo NO (respectivamente 1,2 ± 0,2 e 1,9 ± 0,3 ml.kg⁻¹ em IA, 1,3 ± 0,1 e 1,8 ± 0,4 ml.kg⁻¹ em AP, 1,2 ± 0,2 e 1,9 ± 0,4 ml.kg⁻¹ em AP1h, 1,3 ± 0,3 e 1,8 ± 0,3 ml.kg⁻¹ em FP e 1,3 ± 0,2 e 1,9 ± 0,4 ml.kg⁻¹ em FC, p = 0,0001). Na comparação entre momentos num mesmo grupo, não foram detectadas diferenças nos pacientes do Grupo NO, enquanto no Grupo O tais diferenças foram significantes entre os momentos AP e AP1h e entre AP1h e FP (p = 0,02 e 0,03, respectivamente). APeCO₂ não se alterou durante o procedimento nos dois grupos. Contudo, os níveis foram maiores no Grupo O nos cinco momentos: 27,8 ± 2,3 e 22,3 ± 4 em IA, 26,9 ± 1,8 e 22,7 ± 3,4 em AP, 26,1 ± 2,8 e 22,9 ± 2,3 em AP1h, 26,4 ± 1,7 e 21,3 ± 3,4 em FP e 27,2 ± 3,4 e 22,4 ± 3,1 em FC, p = 0,0001 em todos os momentos. A figura 2 mostra os dados relativos à produção de CO₂.

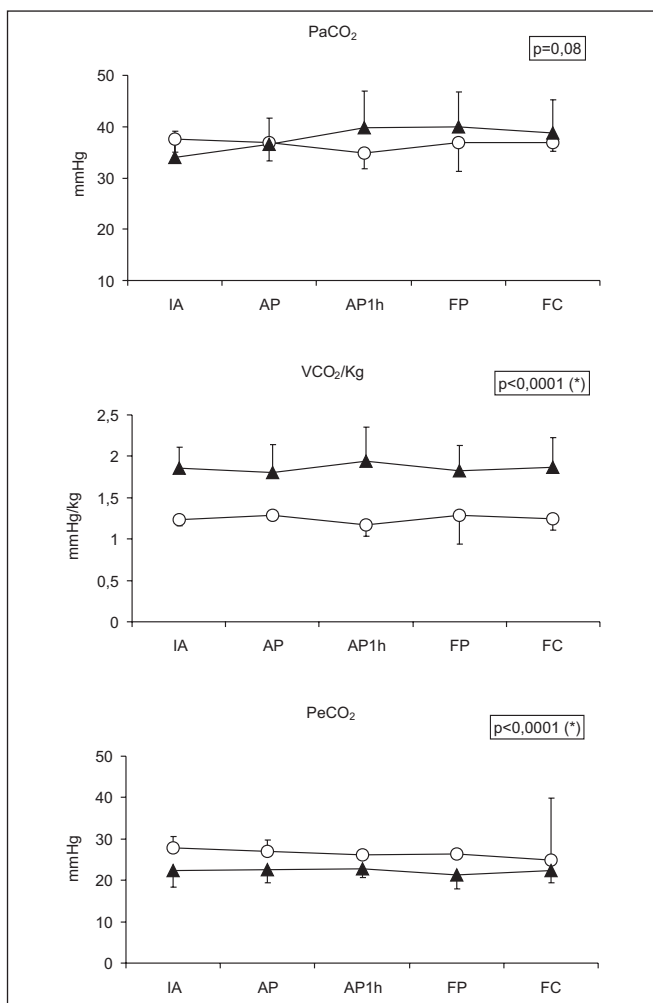


Figura 2 - Produção de CO₂
 Variáveis relativas à produção de CO₂ durante anestesia em pacientes obesos mórvidos (O) e em não obesos (▲)
 IA = indução da anestesia; AP = abertura do peritônio; AP1h = uma hora após a abertura do peritônio; FP = fechamento do peritônio; FC = final da cirurgia
 O número nas caixas representa a diferença estatística entre os dois grupos em todos os momentos
 (*) = estatisticamente significante

O estudo das variáveis de ventilação-perfusão não mostrou diferença entre os grupos quanto ao espaço morto de vias aéreas (VD aw). Apesar disso, os dois grupos apresentaram elevação no VD aw entre os momentos IA e AP (75,6 ± 22 e 84,6 ± 24 ml no Grupo O, 90,6 ± 15,5 e 98,3 ± 19,4 ml no Grupo NO), p = 0,01 e entre os momentos AP e AP1h, sendo os valores de AP1h iguais a 91,4 ± 20,5 e 103,8 ± 19,4 ml respectivamente nos Grupos O e NO (p = 0,02). Por outro lado, os dois grupos apresentaram redução de VD aw entre os momentos FP e FC (97,8 ± 19,4 e 84,91 ± 18,8 ml para o Grupo O e 109 ± 26,4 e 104,4 ± 24,6 ml para o Grupo NO, p = 0,004). Apresentaram também aumento significativo entre os momentos IA e FC (p = 0,004). O espaço morto alveolar (VD alv) não apresentou qualquer diferença entre os grupos ou entre momentos no mesmo grupo, o mesmo ocorrendo quanto ao espaço morto fisiológico (VD phy). O volume corrente alveolar (VT alv), aquele efetivamente envolvido nas trocas gasosas, foi calculado pelo CO₂SMO Plus pela subtração do espaço morto de vias aéreas do volume expirado. VT alv mostrou-se estatisticamente maior no Grupo O quando comparado ao Grupo NO nos cinco momentos de amostragem, respectivamente 439,7 ± 104,3 e 309,6 ± 59,3 em IA, 443,4 ± 95,6 e 291,2 ± 58,3 em AP, 425,3 ± 88,3 e 290,4 ± 69,7 em AP1h, 425,9 ± 72,9 e 318 ± 84,8 em FP, 404,2 ± 85,2 e 293,2 ± 62,6 em FC (p = 0,0001 em todos os momentos). Não foram detectadas diferenças entre momentos nos dois grupos. A relação VD/VT phy mostrou-se maior no Grupo NO nos cinco momentos, respectivamente 0,35 ± 0,1 e 0,25 ± 0,1 em IA, 0,38 ± 0,1 e 0,26 ± 0,1 em AP, 0,42 ± 0,1 e 0,25 ± 0,1 em AP1h, 0,45 ± 0,1 e 0,27 ± 0,1 em FP, 0,40 ± 0,1 e 0,26 ± 0,1 em FC (P = 0,002 em todos os momentos). Não foram detectadas diferenças entre os momentos em nenhum dos grupos. Os dados relativos à relação/perfusão são apresentados na figura 3.

DISCUSSÃO

O emprego de monitorização de uso habitual pelo anestesio- logista, baseada em oximetria de pulso, capnografia e análise laboratorial periódica de gases sanguíneos, provou ser suficientemente segura durante cuidados a pacientes obesos mórvidos. O ajuste do ventilador tendo como base estas duas variáveis mostrou que a determinação intra-operatória de frequência respiratória e volume corrente adequados em obesos mórvidos pode ser feita de forma semelhante àquela empregada em pacientes com menor IMC, desde que o peso ideal seja utilizado como referência. A primeira parte desta análise relacionou-se à oxigenação adequada através do ajuste do volume corrente. Os dois grupos receberam aporte adequado de oxigênio durante os cinco momentos de avaliação. Apesar dos valores estatisticamente maiores de PaO₂ e de PaO₂/FIO₂ no Grupo NO, em concordância com a literatura ^{4,5,9,11}, cabe ressaltar que os valores coletados nos cinco momentos, nos dois grupos, estão dentro da faixa considerada normal. Quanto à oferta de oxigênio, concluiu-se que obesos mórvidos podem ser ventilados de forma adequada com o uso de 11 ml por quilo de peso ideal, valor similar àquele empregado por muitos

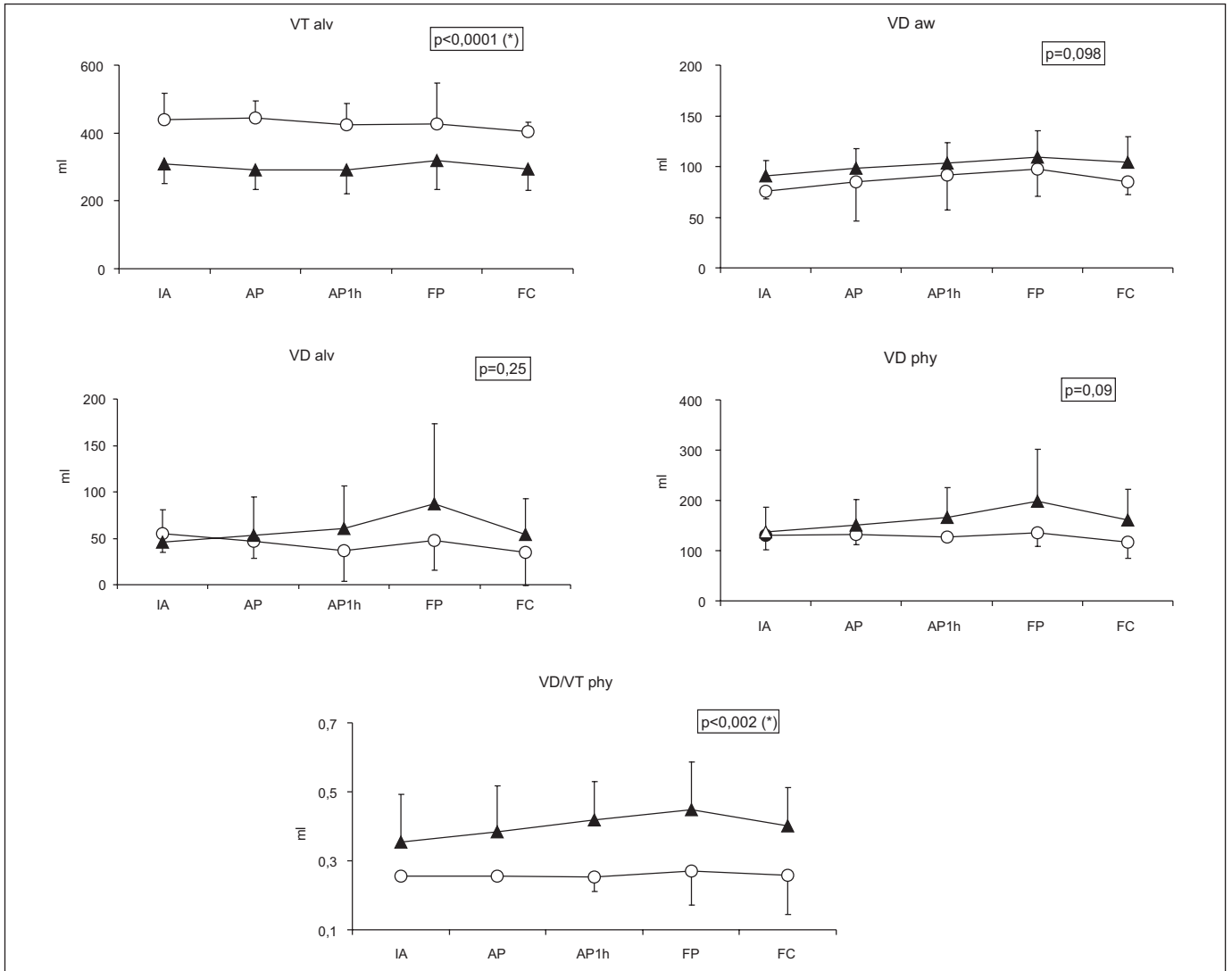


Figura 3 - Ventilação Alveolar e Relação Ventilação-Perfusão

Avaliação da ventilação alveolar durante anestesia em pacientes obesos mórbidos (O) e em não obesos (▲)

IA = indução da anestesia; AP = abertura do peritônio; AP 1h = uma hora após a abertura do peritônio; FP = fechamento do peritônio; FC = final da cirurgia

O número nas caixas representa a diferença estatística na comparação entre os grupos

(*) = estatisticamente significativa

anestesiologistas durante cirurgias em pacientes com menor IMC.

O emprego de altas frações de oxigênio na mistura gasosa administrada durante anestesia produz atelectasias¹², e tal efeito parece exacerbado em obesos, sobretudo nos obesos mórbidos¹³. Hedenstierna e col.¹⁴ descreveram redução na capacidade residual funcional (CRF) causada pela anestesia geral e paralisia muscular sob ventilação mecânica, efeitos decorrentes de relaxamento do diafragma. Pelosi e col.¹³ propuseram que a redução da oxigenação e do volume pulmonar, relacionem-se de forma inversa ao IMC. Propuseram também que tal redução possa ocorrer também quanto à CRF. Maior margem de segurança em anestesia para obesos mórbidos seria obtida pelo emprego de pressão positiva ao final da expiração (PEEP), em virtude do recrutamento

alveolar após tal manobra¹⁵. Desta forma, o emprego da PEEP permitiria o uso de frações inspiradas de oxigênio ainda menores que aquelas empregadas neste estudo, o que seria desejável em termos de prevenção de atelectasias no intra e no pós-operatório.

A análise relativa à produção e eliminação de CO₂ mostrou que os obesos mórbidos produziram mais dióxido de carbono de acordo com a avaliação da PeCO₂, fato que é corroborado pela literatura¹¹. Contudo, os valores da PeCO₂ ficaram dentro de limites normais nos dois grupos. A relação VCO₂/kg medida mostra que pacientes obesos produzem menos CO₂ que os não-obesos após ajuste ao peso, provavelmente pelo aumento da massa corpórea compor-se de forma predominante por tecido adiposo pobremente perfundido. O emprego de volumes corrente mais elevados nos pa-

cientes do Grupo O certamente interferiram com os valores de VCO₂. A despeito da maior produção de CO₂ nos obesos mórbidos, a elevação parece não ter importância clínica, desde que respeitados os limites propostos neste estudo para o CO₂ expirado.

A última parte da avaliação da função respiratória estudou variáveis relativas à relação ventilação-perfusão. Os resultados encontrados mostraram-se bastante similares nos dois grupos. Hedenstierna e col.¹¹ mostraram elevação do espaço morto alveolar durante anestesia em obesos, mas ressaltaram que tal efeito também está presente em indivíduos com IMC dentro do limite de normalidade. Nosso estudo confirma tal similaridade. Os resultados relativos à ventilação alveolar, aqui apresentados, não diferiram entre os dois grupos de forma estatística, não representando fonte de preocupação durante a condução de anestesia em obesos mórbidos. Sob o ponto de vista da relação ventilação-perfusão, portanto, monitorização que inclua análise do CO₂ expirado, análise periódica dos gases no sangue venoso central e/ou arterial, oximetria de pulso e, de forma desejável, porém não indispensável, a análise de gases e de vapores anestésicos no circuito, fornecem indicativos seguros em anestesia para pacientes obesos mórbidos.

Uma última ressalva diz respeito à composição do grupo de pacientes que funcionou como controle. Em vista de incluir um paciente com IMC menor que 18 e outro com IMC maior que 25, o que caracterizaria, respectivamente, desnutrição e sobrepeso, seria susceptível a críticas. A intenção em manter tais pacientes foi comparar a população de obesos mórbidos à população geral, que inclui em sua composição pacientes que não possam ser caracterizados como eutróficos.

Concluindo, o uso de valores de volume corrente próximos àqueles usualmente empregados e de níveis de PEEP ainda por determinar, parecem representar uma estratégia adequada de ventilação no intra-operatório de obesos mórbidos, quando associada à oximetria de pulso e à capnografia, associada a outros artifícios empregados em estudos prévios⁴. Futuros estudos para avaliar o recrutamento pulmonar, talvez através da análise de curvas de pressão de vias aéreas *versus* volume, seriam úteis na determinação dos valores adequados de PEEP durante ventilação nestes pacientes.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Dr. Jorge Bonassa, Engenheiro Eletrônico, Doutor em Pneumologia e a Sr. Anderson Silva, Técnico de Anestesia e Aluno de Engenharia, pela colaboração no ajuste e manutenção do equipamento durante a fase de obtenção de dados; A Karine Savalli Redigolo e Lilian Natis do Departamento de Estatística do Instituto do Coração/Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP, pela colaboração na análise estatística; Ao Dr. Joaquim Edson Vieira, pela colaboração na análise estatística e na revisão final do texto.

P_{ET}CO₂ and SpO₂ Allow Adequate Ventilatory Adjustment in Morbidly Obese Patients

Fábio Ely Martins Benseñor, M.D.; José Otávio Costa Auler Júnior, TSA, M.D.

INTRODUCTION

Exaggeratedly or not, obesity has been considered a major 21st Century epidemics¹.

Although there is no specific information on the prevalence of obesity in Brazil, including those individuals classified as morbidly obese (Body Mass Index - BMI - > 40), an expressive increase in their number has been observed in major centers among the population submitted to elective or emergency procedures. This impression confirms previous studies^{2,3}. The high prevalence of perioperative complications^{4,5} and pre-existing chronic diseases, including diabetes mellitus, systemic hypertension, vascular and cardiopulmonary diseases in such patients^{6,7} are issues to be considered when providing perioperative care to morbidly obese patients.

The tidal volume to be used during anesthesia for obese patients and the search for its optimal value have generated discussions in the medical literature. Bardoczky et al.⁸ have compared ventilation with tidal volumes between 13 and 22 mL per kg of ideal weight and have shown that high volumes during anesthesia have generated hypocapnia, not followed by significant partial oxygen tension increase though. Tidal volumes between 15 and 20 mL per kg of ideal weight have also been proposed as adequate⁵.

Aiming at establishing parameters to safely guide anesthesiologists during intraoperative care of morbidly obese patients, this study has evaluated, through ventilation and perfusion analysis, the safety of relatively low cost/complexity methods (pulse oximetry, capnography and arterial gases analysis) to determine adequate ventilatory adjustment during morbidly obese patients anesthesia.

METHODS

The Institutional Ethics Committee has approved the study and patients gave their written consent the day before surgery. Exclusion criteria were smokers in the last 12 months and patients with clinical evidence of heart or lung disease.

Patients were divided in two groups according to body mass index (BMI): Obese Group (O), with BMI ≥ 40, and Non-Obese Group (NO), with BMI < 30.

Group O included 11 morbidly obese female patients, submitted to gastroplasty through laparotomy. Group NO consisted of 8 patients (5 males and 3 females), seven of them undergoing open gastric surgery due to neoplastic disease, and one to open colon resection.

All patients were submitted to general anesthesia. Anesthetic doses were calculated based on ideal weight (ideal weight = height in centimeters less 100 for males and less 105 for females)¹⁰.

Patients were premedicated with muscular midazolam (0.1 mg.kg^{-1}) 45 minutes before surgery. In the operating room, patients were monitored with continuous ECG (CS-5 lead), noninvasive blood pressure and pulse oximetry. After spontaneous ventilation with 100% oxygen, anesthesia was induced with etomidate (0.3 mg.kg^{-1}) and fentanyl ($5 \mu\text{g.kg}^{-1}$), followed by tracheal intubation facilitated by pancuronium (0.08 mg.kg^{-1}) to group NO and succinylcholine (1 mg.kg^{-1}) to Group O. Monitoring after induction consisted of invasive blood pressure, right atrium pressure and esophageal temperature. Alveolar ventilation variables were measured with ventilatory monitor combining infrared capnograph, pressure differential flow sensor through fixed hole and red/infrared pulse oximetry (CO₂SMO Plus respiratory profile monitor, Novamatrix, CT, USA).

Patients were ventilated with Linea (Intermed, São Paulo, Brazil) anesthesia machine in volume-controlled mode through a ventilatory system open to the room thru a unidirectional valve. Predetermined protocol conditions required that patients be ventilated with tidal volume equal to 8 mL per kg of ideal weight and respiratory rate of 10 cycles per minute. If end tidal CO₂ (P_{ET}-CO₂) was above 40 mmHg or oxygen peripheral saturation was below 95%, respiratory rate and/or tidal volume would be adjusted at the anesthesiologist's discretion. Positive end expiratory pressure (PEEP) was not used.

Anesthesia was maintained with 2% to 4% sevoflurane in a mixture of air and oxygen in equal parts. Inspired and expired gases were analyzed with Capnomac Ultima respiratory monitor (Datex Instrumentarium, Helsinki, Finland).

Gases exchanges evaluation and arterial/venous blood samples collection were performed with patients in the supine position during surgical procedure pauses, at five moments: first sample (AI: after anesthetic induction) was collected 15 minutes after tracheal intubation and before surgical incision; second sample (PO: after peritoneum opening), was collected immediately after abdominal wall opening; third sample (PO1h) was collected one hour after abdominal opening; fourth sample (PC: peritoneum closing) was collected immediately after peritoneum closing; fifth and last sample (SC: surgery completion), was collected immediately after surgical incision dressing.

Before each sampling, muscle relaxation was checked by means of a neuromuscular function monitor (TOF-GUARD, Organon-Tecnica NV, Turnhout, Belgium) and, when necessary, additional pancuronium doses were given. After 5 respiratory cycles with fresh gases flow closed, a set of measurements was performed by CO₂SMO Plus, checking airways dead spaces (VD_{aw}), alveolar tidal volume (TV_{alv}), mean expired CO₂ in one minute adjusted to patient's weight (VCO₂/kg) and partial CO₂ pressure (P_eCO₂), and the amount of CO₂ in one expiration divided by expired volume.

Arterial and central venous blood samples were simultaneously collected and analyzed by i-Stat portable clinical analyzer (i-Stat Corporation, East Windsor, NJ, USA) measuring arterial oxygen and carbon dioxide pressures (PaO₂ and PaCO₂), as well as arterial pH, which allowed for

the calculation of physiological dead space (VD_{phy}), alveolar dead space (VE_{alv}), relationship between physiological dead space and tidal volume (VD/TV_{phy}) and relationship between arterial oxygen pressure and oxygen inspired fraction (PaO₂/FIO₂).

Values are presented in mean \pm standard deviation (SD). Non-paired Student's "t" test ($p < 0.05$) was used to compare demographics of obese and non-obese patients, as well as surgery duration. Fisher's Exact test was used to check patients distribution by gender between groups. To verify differences between the five sampling moments, either within the same group or between groups in the same moments, Analysis of Variance (ANOVA) for repetitive measures was used, followed by Tukey's test. Significance level was established to 5%.

RESULTS

All patients evolved normally after surgery and were discharged according to schedule. No study-related complication has been observed and there were no complaints about participating in the study.

There were no statistical differences between groups in age (45.4 ± 14.3 years for obese and 38.6 ± 8.4 years for non obese, $p = 0.21$), height (160 ± 9 cm for obese and 163 ± 13 cm for non obese) and surgery duration (325.6 ± 150.4 minutes and 325 ± 42.7 minutes respectively for Groups O and NO, $p = 0.991$). However, Groups O and NO have differed in weight (151 ± 16.6 kg for obese and 55.1 ± 13.7 kg for non obese, $p < 0.001$), BMI ($59.2 \pm 8.3 \text{ kg.m}^{-2}$ for obese and 20.6 ± 4 for non obese, $p < 0.001$) and gender distribution (11 females in Group O, 5 males and 3 females in Group NO, $p < 0.001$). Results were grouped into three different aspects, according to the variables used to evaluate respiratory function: 1) tidal volume and oxygenation, including PaO₂ and PaO₂/FIO₂ ratio; 2) carbon dioxide production, including PaCO₂, VCO₂/kg and P_{ET}CO₂; 3) ventilation-perfusion ratio, including VD_{aw}, TV_{alv}, VD_{phy}, VD_{alv} and VD/TV_{phy} ratio.

For tidal volume and oxygenation, Group O patients were ventilated with mean tidal volume of $4.2 \pm 0.4 \text{ mL.kg}^{-1}$ of measured weight or $11.51 \pm 1.8 \text{ mL.kg}^{-1}$ of ideal weight, while Group NO was ventilated with $7.9 \pm 2.3 \text{ mL.kg}^{-1}$ of measured weight, or $6.6 \pm 1.1 \text{ mL.kg}^{-1}$ of ideal weight to remain within previously established limits for SpO₂ and P_{ET}CO₂.

PaO₂ has not changed during surgery for both groups when the five moments were compared. Group NO, however, has shown statistically higher PaO₂ in all measurements as compared to Group O (respectively 238.3 ± 50.6 and 157.6 ± 48 mmHg for AI, 216.1 ± 68.1 and 145.5 ± 47.5 mmHg for PO, 202.9 ± 69.7 and 158.3 ± 56.3 mmHg for PO1h, 219.1 ± 55.5 and 179.8 ± 40 mmHg for PC, 236.6 ± 51.6 and 180.1 ± 49 mmHg for SC, $p = 0.08$). There have been no changes in PaO₂/FIO₂ ratio among moments for Group NO. Group O has shown significant increases between initial and final moments (respectively 261.7 ± 76.9 and 316.1 ± 88.4 mmHg, $p = 0.02$). When both groups were compared for PaO₂/FIO₂ ratio, Group O had statistically higher values in moments AI (411.7

± 92.2 and 261.7 ± 76.9 mmHg, p = 0.0008), PO (374 ± 123.5 and 249.2 ± 81.3 mmHg, p = 0.01) and SC (413.8 ± 95.5 and 316.1 ± 88.4 mmHg, p = 0.02). Oxygenation data are shown in figure 1.

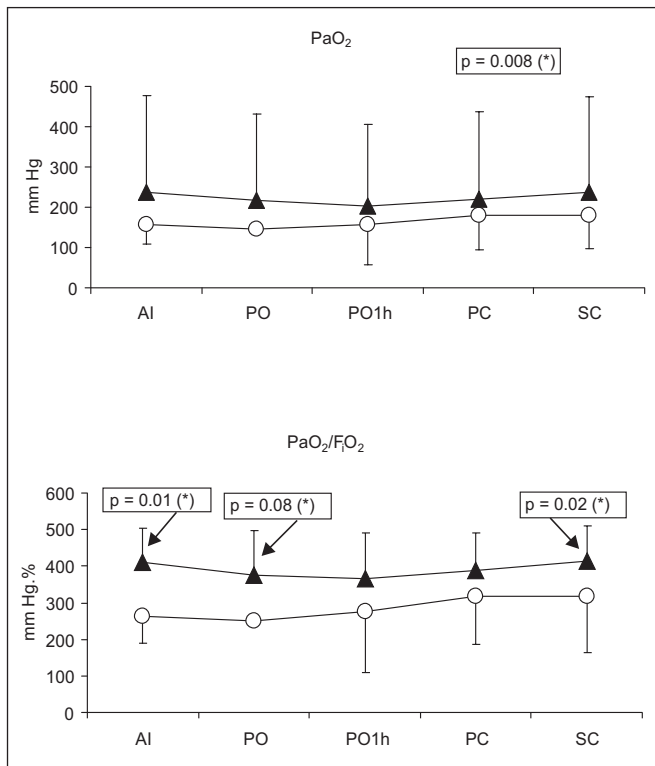


Figure 1 - Oxygenation
Variables related to oxygenation during anesthesia in morbidly obese (O) and non-obese patients (▲)
AI = anesthetic induction; PO = Peritoneum opening; PO1h = one hour after peritoneum opening; PC = peritoneum closing; SC = surgery completion
Numbers in boxes represent statistical difference between groups in all moments; number indicated by arrows represent difference between groups only in the indicated moment
(*) = statistically significant

CO₂ production and excretion analysis, as expected, has shown no differences between groups in all five comparisons, probably due to the research protocol which required ventilatory parameters adjustments to maintain P_{ET}CO₂ below 40 mmHg. Nevertheless, PaCO₂ was significantly increased in Group NO between moments AI and PO (p = 0.02), PO and PO1h (p = 0.007) and AI and SC (p = 0.005). PaCO₂ values measured in such moments were 34 ± 5.1 mmHg in AI, 36.5 ± 5.2 mmHg in PO, 39.7 ± 7.2 mmHg in PO1h and 38.8 ± 6.4 mmHg in SC.

VCO₂/kg has shown lower values for Group O as compared to Group NO (respectively 1.2 ± 0.2 and 1.9 ± 0.3 mL.kg⁻¹ in AI, 1.3 ± 0.1 and 1.8 ± 0.4 mL.kg⁻¹ in PO, 1.2 ± 0.2 and 1.9 ± 0.4 mL.kg⁻¹ in PO1h, 1.3 ± 0.3 and 1.8 ± 0.3 mL.kg⁻¹ in PC and 1.3 ± 0.2 and 1.9 ± 0.4 mL.kg⁻¹ in SC, p = 0.0001). When comparing moments within the same group, no differences were detected among Group NO patients, while in Group O such dif-

ferences were significant between moments PO and PO1h and PO1h and PC (p = 0.02 and 0.03, respectively). PeCO₂ has not changed for both groups throughout the procedure, but levels were higher for Group O in the five moments: 27.8 ± 2.3 and 22.3 ± 4 in AI, 26.9 ± 1.8 and 22.7 ± 3.4 in PO, 26.1 ± 2.8 and 22.9 ± 2.3 in PO1h, 26.4 ± 1.7 and 21.3 ± 3.4 in PC and 27.2 ± 3.4 and 22.4 ± 3.1 in SC, p = 0.0001 for all moments. CO₂ production data are shown in figure 2.

Ventilation-perfusion variables have not shown differences between groups in airways dead space (VD aw). Nevertheless, both groups have shown increased VD aw between moments AI and PO (75.6 ± 22 and 84.6 ± 24 mL in Group O, 90.6 ± 15.5 and 98.3 ± 19.4 mL in Group NO, p = 0.01) and between moments PO and PO1h, being PO1h values equal to 91.4 ± 20.5 and 103.8 ± 19.4 mL respectively for Groups O and NO (p = 0.02). On the other hand, both groups had decreased VD

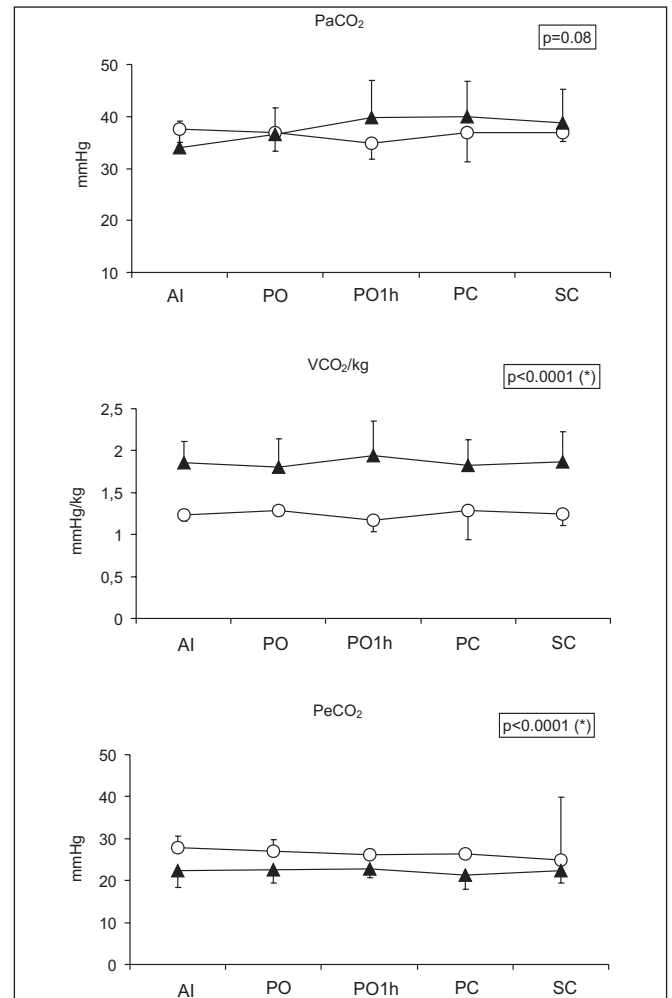


Figure 2 - CO₂ Production
Variables related to CO₂ production during anesthesia in morbidly obese (O) and non-obese patients (▲)
AI = anesthetic induction; PO = Peritoneum opening; PO1h = one hour after peritoneum opening; PC = peritoneum closing; SC = surgery completion
Numbers in boxes represent statistical difference between groups in all moments
(*) = statistically significant

aw between moments PC and SC (97.8 ± 19.4 and 84.91 ± 18.8 mL for Group O and 109 ± 26.4 and 104.4 ± 24.6 mL for Group NO, $p = 0.004$).

There have also been significant increases between moments AI and SC ($p = 0.004$). Alveolar dead space (VD alv) was not different between groups or among moments in the same group, the same being true for physiological dead space (VD phy). Alveolar tidal volume (TV alv), which is really involved in gaseous exchanges, was calculated by CO₂SMO Plus by subtracting expired volume from airways dead space. TV alv was statistically higher in Group O as compared to Group NO in the five sampled moments, respectively 439.7 ± 104.3 and 309.6 ± 59.3 in AI, 443.4 ± 95.6 and 291.2 ± 58.3 in PO, 425.3 ± 88.3 and 290.4 ± 69.7 in PO1h, 425.9 ± 72.9 and 318 ± 84.8 in PC, 404.2 ± 85.2 and 293.2 ± 62.6 in SC

($p = 0.0001$ in all moments). There have been no differences among moments in both groups. VD/BT phy ratio was higher in Group NO in the five moments, respectively 0.35 ± 0.1 and 0.25 ± 0.1 in AI, 0.38 ± 0.1 and 0.26 ± 0.1 in PO, 0.42 ± 0.1 and 0.25 ± 0.1 in PO1h, 0.45 ± 0.1 and 0.27 ± 0.1 in PC, 0.40 ± 0.1 and 0.26 ± 0.1 in SC ($p = 0.002$ in all moments). There have been no differences among moments in both groups. Ventilation/perfusion ratio data are shown in figure 3.

DISCUSSION

Standard ventilation monitoring based on pulse oximetry, capnography and periodic blood gases analyses has shown to be safe and enough during morbidly obese patients care. Ventilator adjustment based on those two variables has

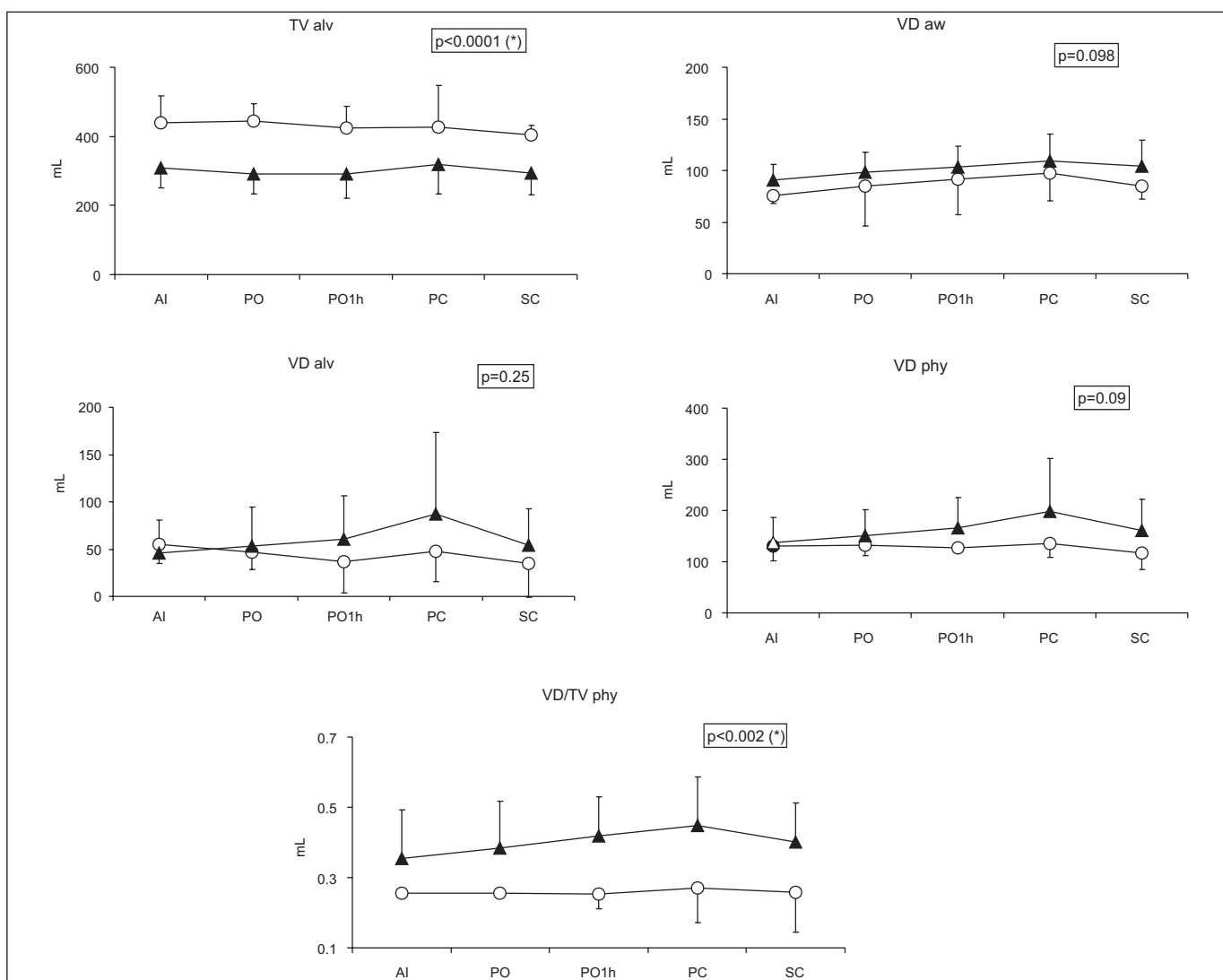


Figure 3 - Alveolar Ventilation and Ventilation-Perfusion Ratio
 Alveolar ventilation evaluation during anesthesia in morbidly obese (O) and non-obese patients (▲)
 AI = anesthetic induction; PO = Peritoneum opening; PO1h = one hour after peritoneum opening; PC = peritoneum closing; SC = surgery completion
 Numbers in boxes represent statistical difference in comparing both groups
 (*) = statistically significant

shown that adequate intraoperative respiratory rate and tidal volume for obese patients can be achieved in a similar manner to that used for patients with lower BMI, provided ideal weight is used as reference.

The first part of this analysis was related to adequate oxygenation via tidal volume adjustment. Both groups have received adequate oxygen supply during the five evaluation moments. In spite of statistically higher PaO₂ and PaO₂/F_IO₂ values in Group NO, in line with the literature^{4,5,9,11}, it is worth highlighting that values collected in the five moments for both groups are within normal ranges. As to oxygen supply, the conclusion was that morbidly obese patients may be adequately ventilated with 11 mL per kg of ideal weight, value similar to that used by several anesthesiologists for patients with lower BMI. High oxygen fractions in the gaseous mixture administered during anesthesia promote atelectasis¹² and such effect seems to be exacerbated in obese patients, specially morbidly obese ones¹³. Hedenstierna et al.¹⁴ have described decreased functional residual capacity (FRC) promoted by general anesthesia and muscle paralysis under mechanical ventilation caused by diaphragm relaxation. Pelosi et al.¹³ have proposed that decreased oxygenation and pulmonary volume are inversely related to BMI. They have also proposed that such decrease could also be true for FRC. Better safety margin in anesthesia for morbidly obese patients would be obtained with positive end expiratory pressure (PEEP) due to alveolar recruitment that it promotes¹⁵. This way, PEEP would allow even lower oxygen expired fractions than those used in this study, what would be desirable to prevent intra and postoperative atelectasis.

The analysis of CO₂ production and excretion has shown that morbidly obese patients have produced more carbon dioxide according to PeCO₂ evaluation, which is in line with the literature¹¹. However, PeCO₂ values were within normal ranges for both groups. VCO₂/kg ratio has shown that morbidly obese patients produce less CO₂ as compared to non-obese after weight adjustment, probably because increased body mass is predominantly made up of poorly perfused fatty tissue. Higher tidal volumes in Group O patients have certainly interfered with VCO₂ values. Despite of higher CO₂ production in Group O, this increase does not seem to be clinically important, provided limits proposed in this study for expired CO₂ are respected.

The final part of respiratory function evaluation has studied ventilation/perfusion ratio variables. Results were very similar for both groups. Hedenstierna et al.¹¹ have shown increased alveolar dead space during obese patients anesthesia, but have stressed that such effect is also seen in individuals with normal BMI. Our study has confirmed such similarity. Alveolar ventilation results were not statistically different for both groups and should not be a reason for concern during morbidly obese patients anesthesia. So, in terms of ventilation/perfusion ratio, monitoring including expired CO₂ analysis, periodic central and/or arterial blood gases analysis, pulse oximetry and desirably, however not imperatively, circuit gases and vapors analysis, are safe indicators for morbidly obese patients anesthesia.

A final caveat is related to the nature of the control group. By including a patient with BMI below 18 and another with BMI above 25, characterizing malnutrition and overweight respectively, it could be prone to criticism. Our aim in maintaining such patients was to compare the population of morbidly obese patients to the general population, which includes patients who could not be characterized as eutrophic.

In conclusion, tidal volumes close to those usually employed and PEEP values still to be determined seem to be an adequate strategy for intraoperative ventilation of morbidly obese patients when associated to pulse oximetry and capnography, in addition to other alternatives used in previous studies⁴. Future studies assessing pulmonary recruitment, maybe through airway pressure *versus* volume curves analysis, would be useful to determine adequate PEEP values during ventilation of such patients.

ACKNOWLEDGEMENTS

We acknowledge Dr. Jorge Bonassa, Electronic Engineer, Doctor in Pneumology, and Mr. Anderson Silva, Technician in Anesthesia and Engineering Student for their cooperation in adjusting and maintaining equipment during data collection stage; Karine Savalli Redigolo and Lilian Natis, from the Statistics Department, Heart Institute, Hospital das Clinicas, Faculdade de Medicina, USP, for helping in the statistical analysis; Joaquim Edson Vieira, M.D., for helping in the statistical analysis and final text review.

REFERÊNCIAS - REFERENCES

- Halpern A - A epidemia da obesidade. Arq Bras Endocrinol Metab, 1999;43:175-176.
- Monteiro CA, Conde WL - A tendência secular da obesidade segundo estratos sociais: Nordeste e Sudeste do Brasil, 1975-1989-1997. Arq Bras Endocrinol Metab, 1999;43:186-194.
- Martins IS, Velásquez-Melendez G, Cervato AM. - Estado nutricional de grupamentos sociais da área metropolitana de São Paulo, Brasil. Cad Saúde Publica, 1999;15:71-78.
- Øberg B, Poulsen TD - Obesity: an anaesthetic challenge. Acta Anaesthesiol Scand, 1996;40:191-200.
- Shenkman Z, Shir Y, Brodsky JB - Perioperative management of the obese patient. Br J Anaesth, 1993;70:349-359.
- Rosenbaum M, Leibel RL, Hirsch J - Obesity. N Engl J Med, 1997;337:396-407.
- Waalder HT - Hazard of obesity - the Norwegian experience. Acta Med Scand, 1988;723:(Suppl):17-21.
- Bardoczky GI, Yernault JC, Houben JJ et al - Large tidal volume ventilation does not improve oxygenation in morbidly obese patients during anaesthesia. Anesth Analg, 1995;81:385-388.
- Buckley FP - Anaesthesia for the morbidly obese patient. Can J Anaesth, 1994;41:R94-R100.

10. Auler Jr JO, Miyoshi E, Fernandes CR et al - The effects of abdominal opening on respiratory mechanics during general anesthesia in normal and morbidly obese patients: a comparative study. *Anesth Analg*, 2002;94:741-748.
11. Hedenstierna G, Santesson J - Breathing mechanics, dead space and gas exchange in the extremely obese, breathing spontaneously and during anaesthesia with intermittent positive pressure ventilation. *Acta Anaesthesiol Scand*, 1976;20:248-254.
12. Kufel TJ, Grant BJB - Arterial Blood-Gas Monitoring: Respiratory Assessment, em: Tobin MJ - Principles and Practice of Intensive Care Medicine. 1st Ed, New York: McGraw-Hill, 1998;197-215.
13. Pelosi P, Croci M, Ravagnan I et al - The effects of body mass on lung volumes, respiratory mechanics, and gas exchange during general anaesthesia. *Anesth Analg*, 1998;87:654-660.
14. Hedenstierna G, Strandberg Å, Brismar B et al - Functional residual capacity, thoracoabdominal dimensions, and central blood volume during general anaesthesia with muscle paralysis and mechanical ventilation. *Anesthesiology*, 1985;62:247-254.
15. Pelosi P, Ravagnan I, Giurati G et al - Positive end-expiratory pressure improves respiratory function in obese but not in normal subjects during anaesthesia and paralysis. *Anesthesiology*, 1999;91:1221-1231.

RESUMEN

Benseñor FEM, Auler Jr JOC - $P_{ET}CO_2$ y SpO_2 Permiten Ajuste de Ventilación Adecuada en Pacientes Obesos Mórbidos

JUSTIFICATIVA Y OBJETIVOS: A pesar de las diversas propuestas de ventilación para anestesia en pacientes obesos mórbidos, un consenso no fue establecido. Este estudio evaluó el ajuste de ventilación en estos pacientes durante anestesia fundamentado en la oximetría y capnografía.

MÉTODO: El consentimiento previo fue obtenido de la Comisión de Ética y de los pacientes. Fueron excluidos fumadores y portadores de enfermedad cardíaca o pulmonar. Fueron estudiados once pacientes con índice de masa corpórea (IMC) de $59,2 \pm 8,3$ sometidos a gastroplastía bajo anestesia general (Grupo O). Ocho no obesos (IMC $20,2 \pm 3,9$) sometidos a gastrectomía formaron el grupo control (NO). Se ajustó la ventilación visando el dióxido de carbono expiratorio final ($P_{ET}CO_2$) menor que 40 mmHg y saturación periférica de oxígeno (SpO_2) mayor que 95%. No se utilizó PEEP. A través de monitor respiratorio CO_2 SMO Plus, se midió espacios muertos fisiológico, alveolar y de vías aéreas (VD_{phy} , VD_{alv} y VD_{aw}) y el volumen corriente alveolar (VT_{alv}). Muestras de sangre arterial y venoso central permitieron calcular PaO_2/FIO_2 y VD_{phy}/VT . Los datos fueron comparados y analizados por ANOVA ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS: Volúmenes corrientes fueron de $4,2 \pm 0,4$ $ml.kg^{-1}$ en el Grupo O y $7,9 \pm 2,3$ $ml.kg^{-1}$ en el Grupo NO para el peso medido, y de $11,5 \pm 1,8$ en el Grupo O y $6,6 \pm 1,1$ $ml.kg^{-1}$ en el Grupo NO para el peso ideal. La PaO_2 se mostró menor y el $VT_{alveolar}$ se mostró mayor en los obesos ($p < 0,008$ y $0,0001$, respectivamente). No fue encontrada diferencia en $PaCO_2$, VD_{phy} , VD_{alv} o VD_{aw} .

CONCLUSIONES: La SpO_2 y la $P_{ET}CO_2$ parecen garantizar ventilación adecuada, la cual puede ser obtenida en pacientes con obesidad mórbida con volúmenes corrientes ajustados al peso ideal.