

Influência da Insuflação de Gás Traqueal sobre a Capnografia de Pacientes Anestesiados*

Influence of Tracheal Gas Insufflation during Capnography in Anesthetized Patients

Ana Carolina Ortiz¹, Masashi Muneshika, TSA², Fernando Antônio Nogueira da Cruz Martins, TSA³

RESUMO

Ortiz AC, Muneshika M, Martins FANC — Influência da Insuflação de Gás Traqueal sobre a Capnografia de Pacientes Anestesiados.

JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS: A insuflação de gás traqueal (TGI – Tracheal Gas Insufflation) é uma técnica que consiste em injetar gás na traquéia (geralmente oxigênio). É usada em pacientes portadores de síndrome da angústia respiratória do adulto para reduzir a capnometria. Em Anestesiologia, a redução da capnometria pode ser útil, mas não existem estudos sobre a redução da capnometria com o uso da TGI. O presente estudo avaliou as alterações proporcionadas pela TGI sobre a capnografia em pacientes anestesiados.

MÉTODO: Foram avaliados prospectivamente 11 pacientes, 18 a 60 anos, ASA I ou II, não-pneumopatas. Após a intubação traqueal foi inserido cateter para TGI a 2 ou 3 cm da carina. Os pacientes foram submetidos à ventilação controlada a volume. Registrou-se a curva de capnografia volumétrica durante 20 minutos e colheu-se amostra sanguínea para medir PaCO₂. Após 20 minutos de TGI registrou-se a curva de capnografia e foi colhida nova amostra sanguínea para medir PaCO₂. Avaliou-se pressão parcial de CO₂ no fim da expiração (P_{ET}CO₂) e PaCO₂ antes e após TGI. Observou-se curva de capnografia, antes e durante TGI.

RESULTADOS: A PaCO₂ e P_{ET}CO₂ sem TGI foram, respectivamente (média ± desvio-padrão): 33,48 ± 6,81 e 36,91 ± 6,54 mmHg e, após TGI, 33,85 ± 8,31 e 36,55 ± 7,93 mmHg, não havendo diferença estatística entre os valores antes e após TGI, tanto para a PaCO₂ quanto para a P_{ET}CO₂ (p = 0,65 e 0,82). A curva de capnografia apresentou alterações na fase de expiração do ar alveolar.

CONCLUSÕES: A aplicação da TGI não resultou em diminuição da PaCO₂ e nem na P_{ET}CO₂, porém alterou a morfologia da curva de capnografia.

Unitermos: ANESTESIA, Geral; MONITORIZAÇÃO, CO₂; capnografia; VENTILAÇÃO: insuflação de gás traqueal.

SUMMARY

Ortiz AC, Muneshika M, Martins FANC — Influence of Tracheal Gas Insufflation during Capnography in Anesthetized Patients.

BACKGROUND AND OBJECTIVES: Tracheal gas insufflation (TGI) consists in injecting gas in the trachea (usually oxygen). It is used in patients with acute respiratory distress syndrome (ARDS) to reduce capnometry. In Anesthesiology, the reduction in capnometry can be useful, but there are no studies on the reduction in capnometry using TGI. The objective of this study was to evaluate the changes caused by TGI on capnometry in anesthetized patients.

METHODS: Eleven patients, ages 18 to 60 years, ASA I or II, without lung diseases were evaluated prospectively. After tracheal intubation, a TGI catheter was inserted 2 to 3 cm from the carina. Patients underwent volume-controlled ventilation. The volumetric capnography curve was recorded during 20 minutes and blood was drawn to determine the PaCO₂. Twenty minutes after TGI was instituted, the capnograph curve was recorded and blood was drawn once more to measure PaCO₂. The end-tidal partial pressure of CO₂ (P_{ET}CO₂) and PaCO₂ were evaluated before and after TGI. The capnography curve was observed before and during TGI.

RESULTS: PaCO₂ and P_{ET}CO₂ without TGI were: 33.48 ± 6.81 and 36.91 ± 6.54 mmHg (mean ± standard deviation), respectively, and after TGI, 33.85 ± 8.31 and 36.55 ± 7.93 mmHg, respectively. Parameters were not statistically different before and after TGI, both for PaCO₂ and P_{ET}CO₂ (p = 0.65 and 0.82). The capnography curve showed changes in alveolar air during expiration.

CONCLUSIONS: The use of TGI did not result in a reduction in PaCO₂ or P_{ET}CO₂, but it altered the morphology of the capnography curve.

Key Words: ANESTHESIA, General; MONITORING, CO₂; capnography; VENTILATION: tracheal gas insufflation.

INTRODUÇÃO

A insuflação de gás traqueal (TGI – Tracheal Gas Insufflation) é uma técnica associada à ventilação mecânica que consiste em injetar gás na traquéia (geralmente oxigênio) de for-

*Recebido do (Received from) CET-SBA da Disciplina de Anestesiologia, Dor e Terapia Intensiva da Escola Paulista de Medicina (EPM) da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), São Paulo, SP

1. Anestesiologista; Disciplina de Anestesiologia, Dor e Terapia Intensiva da EPM da UNIFESP
2. Professor Adjunto; Doutor da Disciplina de Anestesiologia, Dor e Terapia Intensiva da EPM da UNIFESP
3. Mestre e Doutor em Ciências; Responsável pelo CET-SBA do Hospital da Beneficência Portuguesa de São Paulo/SEMESP Anestesiologia

Apresentado (Submitted) em 26 de dezembro de 2007
Aceito (Accepted) para publicação em 23 de junho de 2008

Endereço para correspondência (Correspondence to):
Dr. Fernando A. Martins
Rua Dr. Diogo de Faria, 513/121 — Vila Clementino
04037-001 São Paulo, SP
E-mail: f.a.martins@uol.com.br

© Sociedade Brasileira de Anestesiologia, 2008

ma contínua ou somente durante uma fase específica do ciclo respiratório¹⁻³. Em geral, são utilizados fluxos de até 5 L.min⁻¹, não sendo ainda de todo conhecida a melhor fase do ciclo respiratório para a sua aplicação⁴. O emprego de TGI na fase expiratória causa menor possibilidade de hiperinsuflação pulmonar, por isso sua aplicabilidade em situações com baixa complacência pulmonar⁵.

A TGI é utilizada como método adjunto da estratégia protetora da ventilação pulmonar em pacientes com síndrome de angústia respiratória aguda (SARA), uma vez que permite a utilização de volume corrente e frequência respiratória mais baixos^{2,3,6,7}. Além disso, a TGI pode minimizar o trabalho respiratório de pacientes intubados e portadores de fraqueza neuromuscular⁸. Na SARA, a TGI reduziu de 13 a 17% a PaCO₂ e, quando associada à hipercapnia, a redução foi de 30%. A TGI não provocou impacto sobre a oxigenação⁹. Os efeitos na PaCO₂ dependem da relação entre o volume do espaço morto e o volume corrente inicial (VD/VT). Alterações mínimas no volume do espaço morto ocasionam grandes modificações na PaCO₂. Isso implica o uso da TGI quando a relação VD/VT é elevada (hipercapnia permissiva)^{6,10}.

Durante o uso da TGI, o ideal é monitorar: PEEP, pressão de pico inspiratória, resistência de via aérea, complacência pulmonar e volume corrente para impedir as possíveis complicações¹¹. A monitoração da remoção do CO₂ pela TGI pode ser realizada pela análise de gases arteriais ou pela capnografia. A capnometria é a medida da concentração de CO₂ exalado na extremidade do tubo endotraqueal com relação ao tempo. A capnografia volumétrica consiste em demonstrar graficamente o volume de CO₂ eliminado em função do tempo¹².

O capnograma está dividido em dois segmentos (expiração e inspiração) e quatro fases (0, I, II e III).

A fase 0 é a inspiração e a expiração é dividida em três fases (I, II e III): a fase I representa o espaço morto anatômico; a fase II, a mistura de gás do espaço morto alveolar com o anatômico; e a III, o platô de gás alveolar¹³.

Por meio da capnografia volumétrica, é possível calcular a concentração média de CO₂ no gás expirado (volume de CO₂ expirado dividido pelo volume expirado). A concentração média de CO₂ no gás expirado (P_{ET}CO₂) é utilizada para calcular o espaço morto, a partir da equação de Bohr-Enghoff: (PACO₂ - P_{ET}CO₂)/PACO₂, onde PACO₂ é a pressão parcial de CO₂ alveolar^{12,14-16}.

A importância da curva é identificar a porção de volume corrente que corresponde à exalação de CO₂ da via aérea proximal¹⁶. É possível que a TGI modifique o valor da P_{ET}CO₂. No entanto, não há até o momento estudo que indique quais alterações ocorrem na curva de capnografia, sobretudo em pacientes anestesiados submetidos à ventilação mecânica e sem doenças pulmonares restritivas ou obstrutivas.

O presente estudo teve como objetivo avaliar as alterações qualitativas e quantitativas da TGI sobre a capnografia de

pacientes anestesiados submetidos à ventilação controlada mecânica.

MÉTODO

Após a aprovação do estudo pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital São Paulo da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)/Escola Paulista de Medicina, foram avaliados prospectivamente 11 pacientes, seis do sexo feminino e cinco do sexo masculino, com idade entre 18 e 60 anos. Todos os pacientes apresentavam estado físico I ou II de acordo com a *American Society of Anesthesiologists* – ASA e nenhum era portador de pneumopatia restritiva e/ou obstrutiva.

Os pacientes foram submetidos a intervenções cirúrgicas de vias aéreas ou de extremidades (membros).

Critérios de exclusão: grávidas, obesos (caracterizados por IMC > 35), doenças pulmonares, operações laparoscópicas, torácicas ou de abdome superior, pacientes que evoluíram com instabilidade hemodinâmica no intra-operatório e posicionamento cirúrgico diferente do decúbito dorsal horizontal. Pré-operatório: os pacientes incluídos foram previamente submetidos à avaliação pré-anestésica e assinavam o termo de consentimento informado aprovado pelo Comitê de Ética. Conforme necessidade, receberam medicação pré-anestésica, a qual consistia em midazolam 15 mg, por via oral, 30 minutos antes da operação.

Intra-operatório: realizou-se a monitorização (eletrocardioscópio, pressão arterial não-invasiva e oxímetro de pulso) e venopunção periférica com cateter de teflon tipo *extracath* calibre 20G.

Após a oxigenação com O₂ a 100%, 4 L.min⁻¹ por 3 minutos, iniciou-se a indução anestésica por via venosa com sufentanil (0,5 a 1,0 µg.kg⁻¹), propofol (2 mg.kg⁻¹) e rocuroônio (0,6 mg.kg⁻¹). A intubação traqueal foi realizada com tubo traqueal com balonete de 7,0 mm (sexo feminino) e 8,0 mm (sexo masculino). Em seguida, um cateter próprio para TGI era inserido a 2 ou 3 cm da carina por meio de um conector de tubo (Figura 1).



Figura 1 – Representação do Cateter para TGI (seta horizontal) Inserido na Cânula Traqueal por Meio do Conector de Cânula (seta vertical).

Os pacientes foram submetidos à ventilação controlada, a volume, com o aparelho de anestesia *Monterey*[®] (Nikey – K. Takaoka – Brasil), com saída para TGI.

A ventilação foi realizada com volume corrente (VT) de 6 mL.kg⁻¹, frequência respiratória (FR) de 16 ipm, PEEP de 6 cmH₂O, relação inspiratória/expiratória de 1:2 e fração inspiratória de O₂ de 0,4 (ar e O₂). Optou-se por um volume corrente abaixo do preconizado pela maior aproximação do volume do espaço morto, o que propicia melhor eficácia da TGI. Para manter o volume-minuto foi preciso aumentar a frequência respiratória.

A manutenção foi com anestesia venosa total com propofol (100 a 200 µg.kg⁻¹.min⁻¹) e sufentanil (0,01 a 0,05 µg.kg⁻¹.min⁻¹) em duas bombas de infusão de progressão.

Inicialmente, calibrou-se o programa de análise de dados do monitor de mecânica ventilatória e capnografia volumétrica *Cosmo plus* (Novamatrix[®], EUA) por 10 minutos e registrou-se hora e data com conexão a um *notebook*.

Em seguida, realizou-se manobra de recrutamento manual de 30 cmH₂O, por 30 segundos. Após verificar e registrar a curva de capnografia volumétrica durante 20 minutos, era colhida amostra sangüínea para PaCO₂, por punção da artéria radial.

Iniciou-se a TGI através de cateter traqueal com 5 L.min⁻¹, conforme o estipulado pelo aparelho de anestesia utilizado. Esse fluxo é predeterminado pelo fabricante do aparelho, não podendo ser modificado. Após 20 minutos, foi verificada e registrada a curva de capnografia e colhida nova amostra sangüínea de PaCO₂.

Terminado o procedimento, retornou-se à ventilação mecânica com volume corrente de 7 mL.kg⁻¹, frequência respiratória de 10 ipm, PEEP de 5 cmH₂O e fração inspiratória de O₂ de 0,4 (ar e O₂).

Parâmetros avaliados: foram avaliadas a pressão parcial de CO₂ no fim da expiração (P_{ET}CO₂) e a PaCO₂, com e sem a aplicação de TGI. Foram observadas as curvas de capnografia, antes e durante a aplicação de TGI.

Tabela I – Valores de PaCO₂ e P_{ET}CO₂ antes e após TGI

	P _{ET} CO ₂ (mmHg)	PaCO ₂ (mmHg)
Antes da TGI	33,48 ± 6,81	36,91 ± 6,54
Após a TGI	33,85 ± 8,31	36,55 ± 7,93
p	0,65	0,82

TGI – Insuflação de Gás Traqueal.

Análise estatística: foram realizadas as comparações das médias dos valores de P_{ET}CO₂ e PaCO₂ antes e após o uso da TGI. O teste estatístico utilizado foi o teste *t* pareado, sendo considerado significativo o valor de p < 0,05.

RESULTADOS

Os valores da PaCO₂ e P_{ET}CO₂ antes e após a aplicação da TGI estão demonstrados na Tabela I.

Não ocorreram diferenças na PaCO₂ e P_{ET}CO₂ antes e após TGI.

Na Figura 2, identificam-se as alterações ocasionadas pela TGI na capnografia.

Observou-se declínio na fase III com a entrada de gás traqueal (O₂); no entanto, ocorreu na inspiração (fase 0) uma nova elevação no traçado da capnografia. O valor detectado de pressão parcial de CO₂ no final da expiração (P_{ET}CO₂) pelo capnógrafo (tipo *mainstream*) foi o ponto assinalado (seta).

Detectaram-se sinais de reinalação de CO₂ pela capnografia e auto-PEEP pela curva fluxo *versus* tempo onde o fluxo não passa pelo zero antes de iniciar a fase inspiratória, durante todo o período da ventilação com VT de 6 mL.kg⁻¹ e FR de 16 ipm. Todas essas alterações ocorreram com os 11 pacientes.

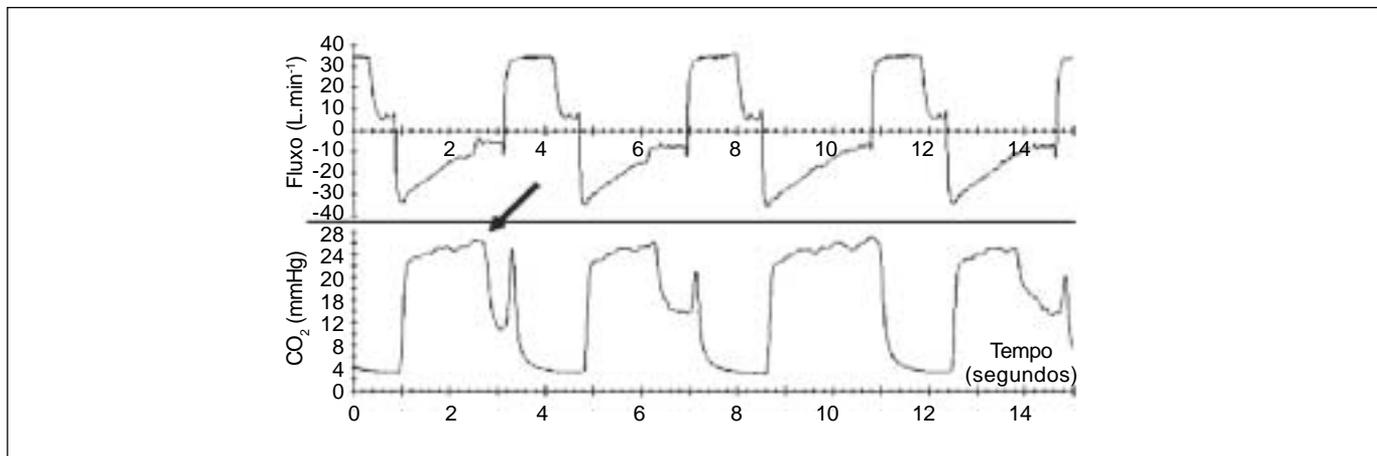


Figura 2 – Fluxo *versus* Tempo e Capnografia.

DISCUSSÃO

No presente estudo, não se observaram diferenças de PaCO_2 e $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ antes e após o uso da TGI. Isso provavelmente ocorreu devido a TGI não ter sido acionada em todos os ciclos. Sabe-se que a TGI no aparelho de anestesia estudado é programada para ser acionada quando o fluxo (curva fluxo \times tempo) zera. No entanto, a presença de auto-PEEP devido à alta frequência respiratória (16 ipm) não permitiu a entrada da TGI em mais vezes, o que dificultou a interpretação da sua eficácia. Isso pode ter gerado, também, a reinalação de CO_2 .

É possível que se fosse utilizada frequência respiratória menor, o auto-PEEP não ocorresse e, dessa forma, fossem criadas condições que permitissem a entrada de gás traqueal com mais frequência. A opção pela maior frequência respiratória que o habitual deveu-se à necessidade de se manter o volume-minuto ventilatório, uma vez que o volume corrente utilizado (6 mL.kg^{-1}) poderia comprometer a ventilação alveolar. Com essa conduta assegurou-se que não haveria risco de hipoventilação do paciente.

A elevação no traçado da capnografia durante o início da inspiração pode ser explicada como segue: observou-se que durante a expiração, quando a TGI era acionada, o capnógrafo identificou a entrada de gás que resultou em declínio na fase III. No entanto, na inspiração subsequente é possível que parte do CO_2 expirado tenha se acumulado no ramo inspiratório do Y do sistema respiratório, o que provocou nova elevação na capnografia. Tal constatação poderia, também, justificar a não-alteração na PaCO_2 e na $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$.

Por outro lado, a TGI tem sido usada com eficácia em pacientes com hipercapnia, sobretudo na SARA⁶. No presente estudo, os pacientes apresentavam relação V/Q normal, com valores de PaCO_2 normais, caracterizando amostra com normocapnia e sem doença pulmonar. Isso posto, é possível que, em indivíduos normais, a TGI não apresente a mesma eficácia daquela em indivíduos portadores de doenças respiratórias, especialmente SARA.

Com relação à capnografia, as alterações observadas na morfologia da curva, a cada ciclo de insuflação do gás, tornam a mesma com uma característica bizarra e podem levar o examinador a conclusões errôneas sobre o que de fato se passa com relação à eliminação do CO_2 em pacientes anestesiados submetidos à ventilação mecânica e TGI. O entalhe típico na fase 0 da curva, determinada pela insuflação do gás na TGI, pode, inclusive, confundir com presença de ventilação espontânea gerada pelo próprio paciente, como ocorre, por exemplo, nos casos em que o efeito do bloqueador neuromuscular cessou e o paciente assumiu a ventilação espontânea em concomitância com a ventilação mecânica instituída na vigência da anestesia geral.

Nas condições do presente estudo, pode-se concluir que a aplicação da TGI não resultou em diminuição da PaCO_2 e nem na $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$, porém foi capaz de alterar a capnografia dos pacientes avaliados.

Influence of Tracheal Gas Insufflation during Capnography in Anesthetized Patients

Ana Carolina Ortiz, M.D.; Masashi Muneshika, TSA, M.D.;
Fernando Antônio Nogueira da Cruz Martins, TSA, M.D.

INTRODUCTION

Tracheal gas insufflation (TGI) is a technique associated with mechanical ventilation, which consists of injecting gas in the trachea (usually oxygen) continuously or only during a specific phase of the respiratory cycle¹⁻³. Usually flows of up to 5 L.min^{-1} are used, but the best phase of the respiratory cycle for its application is still unknown⁴. The use of TGI in the expiratory phase decreases the possibility of pulmonary hyperinsufflation and here relies its applicability in situations of low pulmonary complacency⁵.

Tracheal gas insufflation is used as an adjunctive method of the pulmonary ventilatory protection strategy in patients with acute respiratory distress syndrome (ARDS) since it allows the use of lower tidal volumes and respiratory rates^{2,3,6,7}. Besides, it can reduce the respiratory work in intubated patients with neuromuscular weakness⁸. In ARDS, TGI reduced PaO_2 by 13 to 17% and when associated with hypercapnia it showed a 30% reduction. Tracheal gas insufflation did not affect oxygenation⁹.

The effects on PaCO_2 depend on the ratio between the dead space and tidal volume (VD/VT). Minimal changes in residual volume cause huge changes in PaCO_2 . This implies in the use of TGI when the VD/VT ratio is elevated (permissive hypercapnia)^{6,10}.

During the use of TGI, one should ideally monitor PEEP, peak inspiratory pressure, airway resistance, pulmonary complacency, and tidal volume to prevent possible complications¹¹. Monitoring the removal of CO_2 by TGI can be done by analyzing arterial blood gases or capnography. Capnometry is the measurement of exhaled CO_2 at the extremity of the endotracheal tube against time. Volumetric capnography consists in demonstrating on a chart the volume of CO_2 eliminated as a function of time¹².

The capnogram is divided in two segments (expiration and inspiration) and 4 phases (0, I, II, and III).

Phase 0 represents inspiration, and expiration is divided in 3 phases (I, II, and III): phase I represents the anatomical dead space, phase II the mixture of gas in the alveolar and anatomical dead spaces, and phase III the plateau of alveolar gas¹³.

By using volumetric capnography, it is possible to calculate the mean expired CO_2 (volume of expired CO_2 divided by the expired volume). The mean concentration of expired CO_2 ($\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$) is used to calculate the dead space using Bohr-

Enghoff's equation: $(\text{PACO}_2 - \text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2) / \text{PACO}_2$, where PACO_2 represents the partial pressure of alveolar CO_2 ^{12,14-16}.

The curve is important to identify the portion of the tidal volume that corresponds to the exhaled CO_2 in the proximal airways¹⁶. It is possible that TGI modifies $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$. However, so far there are no studies demonstrating which changes occur in the capnography curve, especially in anesthetized patients without restrictive or obstructive pulmonary disease undergoing mechanical ventilation.

The objective of the present study was to evaluate qualitative and quantitative changes of TGI on capnography in anesthetized patients under mechanical ventilation.

METHODS

After approval by the Ethics on Research Committee of the Hospital São Paulo of the Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) / Escola Paulista de Medicina, 11 patients, 6 females and 5 males, with ages varying from 18 and 60 years, were evaluated prospectively.

All patients were classified as ASA I or II according to the American Society of Anesthesiologists – ASA, and none had restrictive and/or obstructive pulmonary disease.

Patients underwent surgeries of the airways or extremities (limbs).

Exclusion criteria were: pregnancy, overweight (characterized as $\text{BMI} > 35$), pulmonary diseases, laparoscopic, thoracic or upper abdominal surgery, patients who developed intraoperative hemodynamic instability, and surgical positioning other than the horizontal dorsal decubitus.

Preoperatively: Patients included in the study underwent prior pre-anesthetic evaluation and signed an informed consent approved by the Ethics Committee. Whenever necessary patients received pre-anesthetic medication composed of 15 mg of oral midazolam thirty minutes before the surgery.

Intraoperatively: after monitoring was instituted (electrocardioscopy, non-invasive blood pressure, and pulse oximeter), a peripheral vein was catheterized with a 20G Teflon® extracath.

After oxygenation with 4 $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ of 100% O_2 for 3 minutes, intravenous anesthetic induction with sufentanil (0.5 to 1.0 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$), propofol (2 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), and rocuronium (0.6 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) was initiated. Patients were intubated with a 7.0-mm (female) or 8.0-mm (male) tracheal tube. Afterwards, a special catheter for TGI was inserted 2 to 3 cm from the carina through a connector tube (Figure 1).

Patients underwent volume-controlled ventilation with a Monterey® anesthesia machine (Nikey - K. Takaoka - Brazil) with a TGI outlet.

Patients were ventilated with a VT of 6 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}$, respiratory rate (RR) of 16 bpm, PEEP of 6 cmH_2O , inspiratory/expiratory ratio of 1:2, and inspired fraction of oxygen of 0.4 (air and O_2). A tidal volume lower than recommended was used for greater approximation with the dead space, which improves the



Figure 1 – Representation of the TGI Catheter (Horizontal Arrow) Inserted in the Tracheal Tube Through a Connector (Vertical Arrow).

efficacy of the TGI. To maintain minute volume it was necessary to increase the respiratory rate.

Total intravenous anesthesia with propofol (100 to 200 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) and sufentanil (0.01 to 0.05 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), using two infusion pumps, was used for maintenance.

Initially, the data analysis program of the ventilatory mechanics and volumetric capnography Cosmo plus (Novametric®, USA) monitor was calibrated for 10 minutes and the date and time of the connection with a notebook was recorded.

The 30- cmH_2O recruitment maneuver was performed for 30 seconds. After assessing and recording the volumetric capnography curve for 20 minutes, arterial blood was drawn for the determination of the PaCO_2 .

Tracheal gas insufflation was initiated through a catheter with 5 $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$, as determined by the anesthesia device used. This flow is pre-determined by the manufacturer and it cannot be changed. After 20 minutes, the capnography curve was examined and recorded and a new blood sample was drawn to assess the levels of PaCO_2 .

At the end of the procedure, mechanical ventilation with a tidal volume of 7 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}$, respiratory rate of 10 bpm, and PEEP of 5 cmH_2O , was reinstated.

Parameters evaluated: end-expiratory partial pressure of CO_2 ($\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$) and PaCO_2 with and without TGI were evaluated. Capnography curves were assessed before and during TGI. Statistical analysis: paired *t* test was used to compare the mean levels of $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ and PaCO_2 before and after TGI. A $p < 0.05$ was considered statistically significant.

RESULTS

Table I shows PaCO_2 and $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ before and after TGI. PaCO_2 and $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ did not show statistically significant differences before and after TGI.

Figure 2 shows the changes in capnography caused by TGI. A reduction in phase III with the introduction of the tracheal gas (O_2) was observed; however, in the inspiration phase (phase 0), the capnography tracing showed an elevation. The value

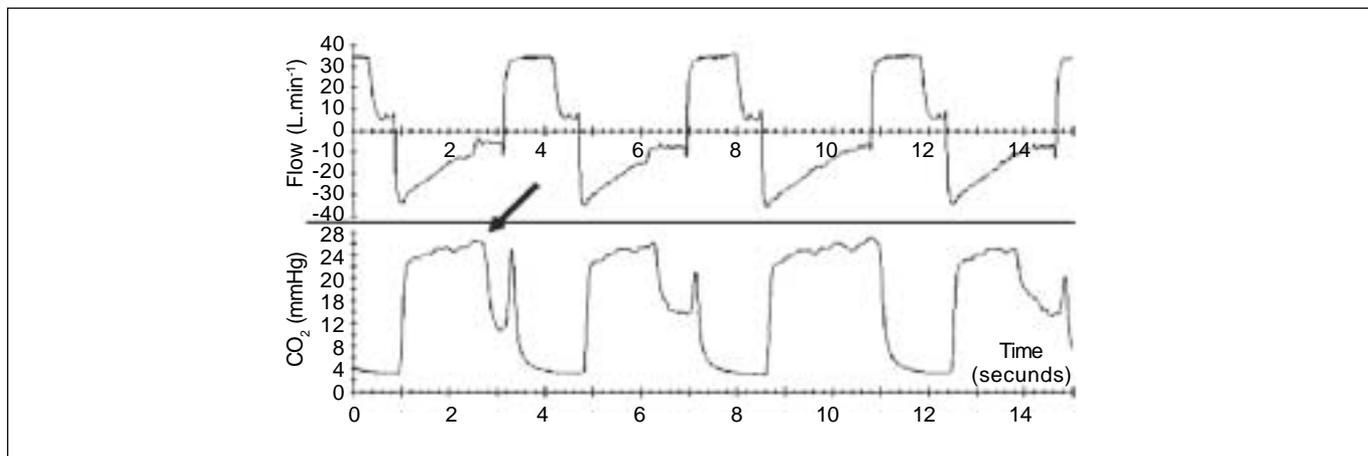


Figure 2 – Flow versus Time and Capnography.

Table I – PaCO₂ and P_{ET}CO₂ before and after TGI

	P _{ET} CO ₂ (mmHg)	PaCO ₂ (mmHg)
Before TGI	33.48 ± 6.81	36.91 ± 6.54
After TGI	33.85 ± 8.31	36.55 ± 7.93
p	0.65	0.82

TGI – Tracheal Gas Insufflation.

detected for the end-expiratory partial pressure of CO₂ (P_{ET}CO₂) by the capnograph (mainstream type) is identified (arrow).

Signs of CO₂ rebreathing were detected by capnography, and auto-PEEP by the flow versus time curve, where the flow did not pass through zero before starting the inspiratory phase during the period of mechanical ventilation with VT of 6 L.min⁻¹ and RR of 16 bpm. Those changes affected all patients.

DISCUSSION

In the present study, no differences in PaCO₂ and P_{ET}CO₂ before and after TGI were observed. This probably occurred because TGI was not triggered in every cycle. It is known that TGI in the anesthesia machine used is programmed to be triggered when the flow is equal to zero (flow x time curve). However, the presence of auto-PEEP secondary to the increased respiratory rate (16 bpm) did not allow TGI to be triggered more often, hindering the interpretation of its efficacy. This could also have been responsible for rebreathing of CO₂. It is possible that, if a lower respiratory rate were used, auto-PEEP would not have occurred and, therefore, conditions would have allowed more frequent entry of tracheal gas. The choice of a higher than normal respiratory rate was due to the need to maintain ventilatory minute-volume, since the tidal volume (6 mL.kg⁻¹) could have compromised alveolar ventilation. This conduct prevented the risk of hypoventilation.

The increase in the capnography tracing during the beginning of inspiration could be explained as follows: during inspiration, it was observed that when TGI was triggered, the capnograph recorded the entry of gas, which resulted in a decrease in phase III. However, it is possible that in the following inspiration part of the expired CO₂ had accumulated in the inspiratory arm of the Y tube of the inspiratory system, causing an elevation in capnography. This could also explain the lack of change in PaCO₂ and P_{ET}CO₂.

On the other hand, TGI has been effectively used in patients with hypercapnia, especially in ARDS⁶. In the present study, patients had a normal V/Q ratio and PaCO₂, characterizing a study sample with normocapnia and without pulmonary diseases. Thus, it is possible that in normal individuals TGI does not have the same efficacy as in patients with pulmonary disease, especially ARDS.

As for capnography, the changes observed on the morphology of the curve at each cycle of gas insufflation resulted in a bizarre curve and can lead to wrong conclusions regarding what is happening to CO₂ elimination in anesthetized patients on mechanical ventilation and TGI. The typical notch in the curve in phase 0, caused by gas insufflation in TGI, could be mistakenly interpreted as the presence of spontaneous ventilation by the patient, similar to what happens when the effects of the neuromuscular blocker has worn off and the patient has resumed spontaneous ventilation associated with the mechanical ventilation in the presence of general anesthesia.

Under the conditions of the present study, one can conclude the TGI did not result in a decrease in PaCO₂ or P_{ET}CO₂, but it was capable of changing the capnography of the patients evaluated.

REFERÊNCIAS – REFERENCES

01. Nahum A, Ravenscraft SA, Nakos G et al. — Tracheal gas insufflation during pressure-control ventilation. Effect of catheter

- position, diameter, and flow rate. *Am Rev Respir Dis*, 1992; 146: 1411-1418.
02. Dorne R, Liron L, Pommier C — Tracheal gas insufflation associated with mechanical ventilation for CO₂ removal. *Ann Fr Anesth Reanim*, 2000;19:115-127.
 03. Nahum A — Tracheal gas insufflation as an adjunct to mechanical ventilation. *Respir Care Clin N Am*, 2002;8:171-185.
 04. Fernandes CR, Myioshi, Auler Jr JOC — Novas modalidades de ventilação mecânica e desmame, em: Lee JM, Auler Jr JOC — Anestesia em Cirurgia Torácica., 1ª Ed, São Paulo, Roca, 2002; 403.
 05. Dingley J, Findlay GP, Foëx BA et al. — Tracheal gas insufflation: performance of a novel phase-specific device. *Anaesthesia*, 2001;56:433-440.
 06. Blanch LL — Clinical studies of tracheal gas insufflation. *Respir Care*, 2001;46:158-166.
 07. Oliver RE, Rozycki HJ, Greenspan JS et al. — Tracheal gas insufflation as a lung-protective strategy: physiologic, histologic, and biochemical markers. *Ped Crit Care Med*, 2005;6:64-69.
 08. Epstein SK — TGIF: tracheal gas insufflation. *Chest*, 2002;122: 1515-1517.
 09. Carter CS, Hotchkiss JR, Adams AB et al. — Distal projection of insufflated gas during tracheal gas insufflation. *J Appl Physiol*, 2002;92:1843-1850.
 10. Nahum A, Burke W, Ravenscraft AS et al. — Lung mechanics and gas exchange during pressure-controlled ventilatory in dogs: augmentation of CO₂ elimination by an intratracheal catheter. *Am Rev Respir Dis*, 1992;146:965-973.
 11. Delgado E, Hoffman LA, Tasota FJ et al. — Monitoring and humidification during tracheal gas insufflation. *Respir Care*, 2001;46:185-192.
 12. Romero PV, Lucangelo U, Aguilar JL et al. — Physiologically based indices of volumetric capnography in patients receiving mechanical ventilation. *Eur Respir J*, 1997;10:1309-1315.
 13. Bhavani SK, Philips JH — Defining segments and phases of a time capnogram. *Anesth Analg*, 2000;91:973-977.
 14. Ghamra ZW, Arroliga AC — Volumetric capnography in acute respiratory distress syndrome: is the era of day-to-day monitoring finally here? *Resp Care*, 2005;50:457-458.
 15. Workman JM, Penman WB, Bromberger-Barnea B et al. — Alveolar dead space, alveolar shunt, transpulmonary pressure. *J Appl Physiol*, 1965;20:816-824.
 16. Kallet RH, Daniel BM, Garcia O et al. — Accuracy of physiologic dead space measurements in patients with acute respiratory distress syndrome using volumetric capnography: comparison with the metabolic monitor method. *Resp Care*, 2005;50:462-467.

RESUMEN

Ortiz AC, Muneshika M, Martins FANC — Influencia de la Insuflación de Gas Traqueal sobre la Capnografía de Pacientes Anestesiados.

JUSTIFICATIVA Y OBJETIVOS: La insuflación de gas traqueal (TGI – Tracheal Gas Insufflation) es una técnica que consiste en inyectar gas en la tráquea (generalmente oxígeno). Se usa en pacientes portadores del síndrome de la angustia respiratoria del adulto para reducir la capnometría. En Anestesiología, la reducción de la capnometría puede ser útil pero no hay estudios sobre la reducción de la capnometría con el uso de la TGI. El presente estudio evaluó las alteraciones proporcionadas por la TGI sobre la capnografía en pacientes anestesiados.

MÉTODO: Se evaluaron prospectivamente 11 pacientes, entre 18 a 60 años, ASA I o II, no neumopatas. Después de la intubación traqueal fue insertado catéter para TGI a 2 o 3 cm de la carina. Los pacientes fueron sometidos a la ventilación controlada a volumen. Se registró la curva de capnografía volumétrica durante 20 minutos y se recogió una muestra de sangre para medir el PaCO₂. Después de 20 minutos de TGI se registró la curva de capnografía y se recogió una nueva muestra de sangre para medir el PaCO₂. Se evaluó la presión parcial de CO₂ al final de la expiración (P_{ET}CO₂) y PaCO₂, antes y después de la TGI. Se observó una curva de capnografía, antes y durante la TGI.

RESULTADOS: La PaCO₂ y P_{ET}CO₂ sin TGI fueron respectivamente (media ± desvío-estándar): 33,48 ± 6,81 y 36,91 ± 6,54 mmHg y después de la TGI, 33,85 ± 8,31 y 36,55 ± 7,93 mmHg, no habiendo sido registrada diferencia estadística entre los valores antes y después de la TGI, tanto para la PaCO₂ como para la P_{ET}CO₂ (p = 0,65 y 0,82). La curva de capnografía presentó alteraciones en la fase de expiración del aire alveolar.

CONCLUSIONES: La aplicación de la TGI no propició la reducción de la PaCO₂ ni la P_{ET}CO₂, pero sí que alteró la morfología de la curva de capnografía.