

# Sistemas Respiratórios com Absorção de CO<sub>2</sub>, Circulares, Valvulares: Comparação do Comportamento Térmico entre Sistema Coaxial e Convencional com Diferentes Fluxos de Gás Fresco \*

## Anesthesia Breathing Systems with CO<sub>2</sub> Absorption, Circle Valve Circuit: Comparison of Thermal Behavior of Coaxial System and Conventional System with Different Fresh Gas Flows

Marcelo Luís Abramides Torres, TSA<sup>1</sup>; Eduardo Tsuyoshi Yamaguchi, TSA<sup>2</sup>; Ubirajara Sabbag Fonseca<sup>3</sup>

### RESUMO

Torres MLA, Yamaguchi ET, Fonseca US - Sistemas Respiratórios com Absorção de CO<sub>2</sub>, Circulares, Valvulares: Comparação do Comportamento Térmico entre Sistema Coaxial e Convencional com Diferentes Fluxos de Gás Fresco

**JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS:** A manutenção da temperatura do gás inalado pelo paciente durante o procedimento anestésico é fundamental para evitar complicações respiratórias durante o peri-operatório. O objetivo deste estudo é comparar a capacidade de aquecimento dos gases inalados em sistemas respiratórios com absorção de CO<sub>2</sub>, circulares, valvulares, coaxial e convencional, variando o fluxo de gás fresco (FGF).

**MÉTODO:** Foram estudados dois sistemas respiratórios em um simulador de pulmão, que foi ventilado com volume corrente de 600 mL e frequência de 10 bpm. O modelo simulava a produção de CO<sub>2</sub>, através da administração de fluxo de 250 mL.min<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>, e o gás exalado do pulmão-teste passava por um umidificador aquecido para simular o gás expirado. Os dois sistemas foram classificados como circulares, valvulares, com absorção de CO<sub>2</sub>. No sistema A (coaxial), o ramo inspiratório passava pelo interior do ramo expiratório, enquanto que o sistema B foi o convencional. As medidas de temperatura do gás inalado foram realizadas nos momentos 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 90 minutos, sendo empregados FGF baixos (0,5 e 1 L.min<sup>-1</sup>) e altos (3 e 6 L.min<sup>-1</sup>).

**RESULTADOS:** O sistema A apresentou variação térmica significativa entre o início e o final dos ensaios (22,47 ± 1,77 °C e 24,27 ± 3,52 °C p < 0,05, respectivamente). Os sistemas A e B produziram temperaturas semelhantes ao final do estudo (24,27 ± 3,52 °C e 23,61 ± 1,93 °C, respectivamente), e não houve diferença entre as temperaturas finais dos sistemas e a temperatura ambiental (21,25 ± 1,20 °C e 21,81 ± 1,87 °C, respectivamente). A utilização de baixos FGF produziu temperaturas semelhantes às temperaturas observadas ao final do estudo com fluxos mais

elevados nos dois sistemas (A: 25,53 ± 4,78 °C e 23,02 ± 0,80 °C; B: 24,50 ± 0,85 °C e 22,72 ± 2,36 °C, respectivamente).

**CONCLUSÕES:** O sistema coaxial apresentou variação térmica significativa entre o início e o final do experimento, o que não foi observado no sistema convencional. Não houve diferença das temperaturas finais quando comparados os dois sistemas entre si, independentemente do FGF empregado.

**Unitermos:** EQUIPAMENTOS: circuito coaxial, permutador de calor; GASES: temperatura

### SUMMARY

Torres MLA, Yamaguchi ET, Fonseca US - Anesthesia Breathing Systems with CO<sub>2</sub> Absorption, Circle Valve Circuit: Comparison of Thermal Behavior of Coaxial System and Conventional System with Different Fresh Gas Flows

**BACKGROUND AND OBJECTIVES:** The adequate maintenance of inhaled gases temperature during anesthetic procedures is critical to prevent perioperative respiratory complications. This study aimed at comparing the ability to warm up inhaled gases of coaxial breathing system and conventional system, by varying fresh gas flows (FGF).

**METHODS:** Breathing systems were tested in a lung simulator ventilated with 600 mL tidal volume and respiratory frequency of 10 bpm. The model simulated human CO<sub>2</sub> production by delivering 250 mL.min<sup>-1</sup> of CO<sub>2</sub> flow. Then, exhaled gas from the model was directed to a pre-warmed humidifier to simulate human exhaled gas. Both systems were classified as circle, valve circuits with CO<sub>2</sub> absorption. In the coaxial system (model A), the inspiratory branch was enveloped by the expiratory branch, whereas the conventional one (model B) presented separated respiratory branches. Inhaled gas temperature was measured at the following moments: 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 and 90 minutes, with low (0.5 and 1 L.min<sup>-1</sup>) and high (3 and 6 L.min<sup>-1</sup>) FGF.

**RESULTS:** Model A presented significant thermal variation between beginning and end of experiment (22.47 ± 1.77 °C and 24.27 ± 3.52 °C respectively, p < 0.05). Both models A and B produced similar temperatures at the end of the study (24.27 ± 3.52 °C and 23.61 ± 1.93 °C respectively). There was no difference between final temperatures of both models and environmental temperature (21.25 ± 1.20 °C and 21.81 ± 1.87 °C respectively). Low FGF has produced similar temperatures to those observed at the end of the study with higher flows in both models (A: 25.53 ± 4.78 °C and 23.02 ± 0.80 °C; B: 24.50 ± 0.85 °C and 22.72 ± 2.36 °C, respectively).

**CONCLUSIONS:** The coaxial system presented significant thermal variation between beginning and end of experiment, while this was not observed in the conventional one. No difference was observed in final temperatures when comparing both systems, regardless of the FGF.

**Key Words:** EQUIPMENTS: coaxial circuit, heat permuter; GASES: temperature

\* Recebido do (Received from) Laboratório de Biofísica da Disciplina de Anestesiologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP)

1. Professor Doutor da Disciplina de Anestesiologia da FMUSP  
2. Anestesiologista do Hospital das Clínicas da FMUSP  
3. Ex-ME<sub>3</sub> (2003) da Disciplina de Anestesiologia da FMUSP

Apresentado (Submitted) em 08 de junho de 2004  
Aceito (Accepted) para publicação em 26 de outubro de 2004.

Endereço para correspondência (Correspondence to)  
Dr. Marcelo Luís Abramides Torres  
Av. Dr. Enéas de Carvalho Aguiar, 255 - 8º Andar  
PAMB - Divisão de Anestesia  
05403-900 São Paulo, SP  
E-mail: mlatorres@terra.com.br

© Sociedade Brasileira de Anestesiologia, 2005

## INTRODUÇÃO

A manutenção da temperatura e umidade do gás inalado pelo paciente durante procedimento anestésico é de fundamental importância para se evitar a ocorrência de complicações relacionadas ao aparelho respiratório no peri-operatório<sup>1-9</sup>.

Tendo em vista a necessidade de solucionar este problema, e assim, diminuir o índice de complicações relacionadas à ventilação mecânica durante anestesia geral, foram propostos vários métodos para aquecer e umidificar os gases inalados. Entre as principais propostas estão: adição de umidificadores aquecidos<sup>10</sup>, admissão do fluxo de gás fresco (FGF) diretamente no reservatório da cal sodada<sup>11</sup>, redução do FGF<sup>12-14</sup>, colocação de umidificadores dentro do reservatório da cal sodada<sup>15</sup>, utilização de trocadores de calor e umidade (nariz artificial)<sup>16-18</sup> e utilização de sistema coaxial no aparelho de anestesia<sup>11</sup>.

O sistema coaxial é composto por um tubo corrugado (por onde flui o gás inspirado pelo paciente) envolto por um outro tubo (preenchido pelo gás expirado), sendo que ambos terminam numa via comum que é conectada à sonda traqueal do paciente anestesiado. Desta forma, o gás presente no ramo expiratório teria a função de aquecer o gás que flui pelo ramo inspiratório, otimizando a sua climatização.

O objetivo deste estudo é comparar, através de modelo experimental, a capacidade de aquecimento dos gases inalados em sistemas respiratórios com absorção de CO<sub>2</sub>, circulares, valvulares em dois sistemas (coaxial e convencional), variando-se o FGF.

## MÉTODO

Após a aprovação da Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina Universidade de São Paulo, foi realizado estudo experimental em laboratório, utilizando-se dois sistemas respiratórios que foram testados em um simulador de pulmão, que foi ventilado mecanicamente com volume corrente de 600 mL e frequência respiratória de 10 incursões por minuto. Utilizou-se um ventilador eletrônico com fole de 1000 mL, em cuja saída, por causa do excesso de gases do ventilador, foi colocada uma bolsa-reservatório para a prevenção da aspiração do ar ambiente para o ventilador e sistema respiratório. O modelo simulava a produção de gás carbônico, através da administração de fluxo de 250 mL.min<sup>-1</sup> de dióxido de carbono, diretamente no fole do simulador. Além disso, o gás exalado do pulmão-teste passava por um umidificador aquecido, para simulação da umidade e temperatura do gás exalado pelos pacientes. A montagem do sistema feita no laboratório pode ser observada na figura 1.

Os dois sistemas foram classificados como circulares, valvulares com absorção de CO<sub>2</sub>, sendo que no sistema A, o ramo inspiratório passava pelo interior do ramo expiratório (sistema coaxial - Figura 2), enquanto que o sistema B foi o convencional.

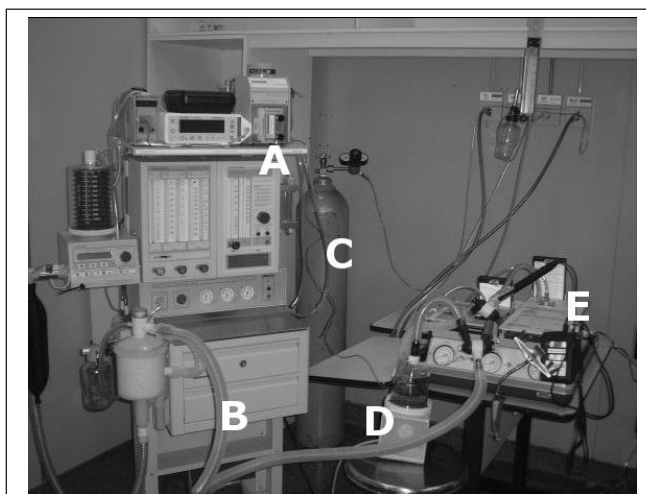


Figura 1 - Montagem do Sistema Realizada em Laboratório (A) aparelho de anestesia, (B) sistema respiratório, (C) cilindro de CO<sub>2</sub>, (D) umidificador e (E) simulador de pulmão



Figura 2 - Sistema Coaxial

As medidas de temperatura do gás inalado foram realizadas nos momentos 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 90 minutos, sendo empregados FGF baixos (0,5 e 1 L.min<sup>-1</sup>) e altos (3 e 6 L.min<sup>-1</sup>). Para a realização das medidas de temperatura do gás inalado foi colocado um sensor de temperatura no ramo inspiratório do sistema respiratório. Foram realizados três ensaios com cada sistema e FGF, perfazendo um total de 24 ensaios. O fole do ventilador, a bolsa-reservatório, os tubos corrugados, a cal sodada, as válvulas e conexões foram substituídos após cada ensaio para evitar a influência do vapor de água acumulado no sistema.

A análise estatística foi realizada através do teste ANOVA com medidas repetidas para dois fatores (comparação da temperatura final dos sistemas com as temperaturas iniciais e ambientais) e do teste de Friedman (comparação das temperaturas iniciais e finais dos sistemas com diferentes fluxos), considerando como significativo  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

O sistema A apresentou variação térmica significativa entre o início e o final do experimento, o que não foi observado no sistema B. Entretanto, não houve diferença das temperaturas finais quando comparados os dois sistemas entre si (Tabela I).

Tabela I - Temperaturas Inicial (M0) e Final (M90) dos Sistemas A (Coaxial) e B (Convencional) - Média  $\pm$  DP

Sistema	M0 (°C)	M90 (°C)	
A	22,47 $\pm$ 1,77	24,27 $\pm$ 3,52	M0 $\neq$ M90 ( $p = 0,005$ )
B	22,89 $\pm$ 1,86	23,61 $\pm$ 1,93	M0 = M90 ( $p = 0,438$ )
	GA = GB ( $p = 0,810$ )	GA = GB ( $p = 0,499$ )	

Os dois sistemas apresentaram diferença significativa entre as temperaturas final e ambiental, porém quando comparados entre si, não houve diferença entre os dois sistemas (Tabela II).

Tabela II - Temperatura Ambiental (Mamb) e Final (M90) dos Sistemas A (Coaxial) e B (Convencional) - Média  $\pm$  DP

Sistema	Mamb (°C)	M90 (°C)	
A	21,25 $\pm$ 1,20	24,27 $\pm$ 3,52	Mamb $\neq$ M90 ( $p < 0,001$ )
B	21,81 $\pm$ 1,87	23,61 $\pm$ 1,93	Mamb $\neq$ M90 ( $p = 0,036$ )
	GA = GB ( $p = 0,800$ )	GA = GB ( $p = 0,701$ )	

A variação da temperatura do gás inspirado durante os momentos 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 90 minutos, conforme o FGF empregado nos sistemas A e B, pode ser observada na figura 3.

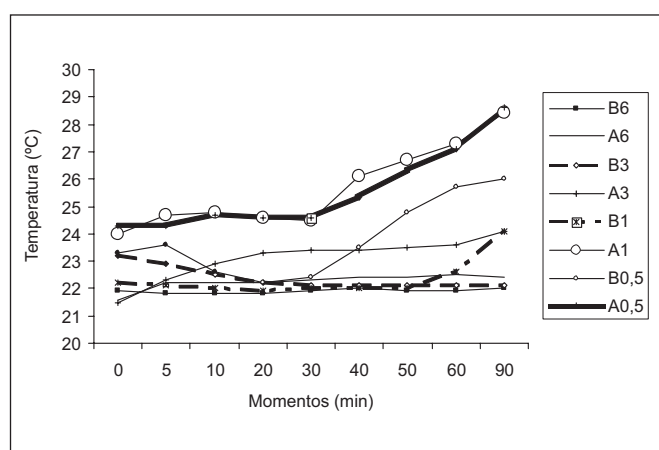


Figura 3 - Temperatura do Gás Inspirado durante os Momentos 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 90 Minutos, conforme o FGF Empregado nos Sistemas A e B

As temperaturas finais nos dois sistemas foram semelhantes, mesmo quando agrupados em baixos ou altos FGF (Tabela III).

Tabela III - Temperaturas Inicial (M0) e Final (M90) nos Sistemas A (Coaxial) e B (Convencional) de acordo com FGF Empregados - Baixo (1) e Alto (2) - Média  $\pm$  DP

Sistema	M0 (°C)	M90 (°C)
A1	23,02 $\pm$ 2,40	25,53 $\pm$ 4,78
A2	21,93 $\pm$ 0,64	23,02 $\pm$ 0,79
B1	22,73 $\pm$ 0,42	24,50 $\pm$ 0,85
B2	23,05 $\pm$ 2,72	22,72 $\pm$ 2,36

## DISCUSSÃO

A manutenção da temperatura dos gases inalados, em condições próximas às características do sistema respiratório do paciente, permanece como um desafio ao anestesiologista durante anestesia geral. Neste estudo, a utilização do sistema coaxial permitiu a obtenção de temperaturas mais elevadas aos 90 minutos de ensaio, quando comparadas às temperaturas iniciais no mesmo sistema. No entanto, quando se comparou o sistema coaxial com o convencional, os dois se comportaram de maneira semelhante ao final do estudo.

Da mesma forma, a variação do FGF não interferiu nas temperaturas do gás inalado pelo pulmão- teste, já que tanto a utilização de baixos FGF (0,5 e 1 L.min<sup>-1</sup>), quanto altos FGF (3 e 6 L.min<sup>-1</sup>) levaram à obtenção de temperaturas semelhantes no final dos ensaios. Estes dados contrariam os resultados de outros estudos, que indicam um aumento significativo da temperatura, utilizando sistemas com absorção de dióxido de carbono e baixos FGF<sup>12,19</sup>. Provavelmente, esta aparente divergência de resultados deva-se ao número de ensaios realizados nesse estudo (três ensaios com cada fluxo e sistema, perfazendo um total de 24 ensaios).

É interessante notar que quando se utilizou baixos FGF (0,5 e 1 L.min<sup>-1</sup>) com o sistema A (coaxial), a temperatura média inicial observada no sistema foi maior do que quando se utilizou FGF maiores (3 e 6 L.min<sup>-1</sup>). Apesar de estatisticamente estes dados serem semelhantes, a utilização de baixos FGF poderia levar a um aquecimento mais rápido do sistema.

Nesse estudo optou-se por agrupar os diferentes FGF utilizados em baixos (0,5 e 1 L.min<sup>-1</sup>) e altos (3 e 6 L.min<sup>-1</sup>). Talvez, se a comparação fosse feita apenas com os FGF de 0,5 e 6 L.min<sup>-1</sup>, diferenças significativas pudessem ser encontradas.

A utilização do sistema coaxial permitiu obter diferenças maiores entre a temperatura do gás inalado aos 90 minutos de ensaio e a temperatura ambiente. Torres e col.<sup>14</sup> demonstraram que o emprego de isolamento térmico nos tubos corrugados do sistema respiratório do aparelho de anestesia aumenta a temperatura e a umidade absoluta do gás inalado, sendo que a temperatura do gás inalado tem correlação significativa com a temperatura ambiente em sistema respiratório convencional, utilizando-se FGF empregados neste estudo. No estudo de Torres e col. foram utilizadas três folhas de papel

de alumínio com a face brilhante voltada para o interior dos tubos corrugados. Nesse estudo, o próprio sistema coaxial funcionou como um isolante térmico, já que o ramo expiratório envolvia o ramo inspiratório.

Concluindo, o sistema coaxial apresentou variação térmica significativa entre o início e o final do experimento, o que não foi observado no sistema convencional. Entretanto, não houve diferença das temperaturas finais quando comparados os dois sistemas entre si, independentemente do FGF empregado.

### **Anesthesia Breathing Systems with CO<sub>2</sub> Absorption, Circle Valve Circuit: Comparison of Thermal Behavior of Coaxial System and Conventional System with Different Fresh Gas Flows**

Marcelo Luís Abramides Torres, TSA, M.D.; Eduardo Tsuyoshi Yamaguchi, TSA, M.D.; Ubirajara Sabbag Fonseca, M.D.

#### **INTRODUCTION**

Maintenance of inhaled gas temperature and humidity during anesthetic procedures is critical to prevent perioperative respiratory complications<sup>1-9</sup>.

Aiming at solving this problem, thus decreasing mechanical ventilation-induced complications during general anesthesia, several methods have been proposed to warm and humidify inhaled gases, among them: adding warmed humidifiers<sup>10</sup>, fresh gas flow (FGF) admission directly to soda lime reservoir<sup>11</sup>, FGF decrease<sup>12-14</sup>, placement of humidifiers inside soda lime reservoir<sup>15</sup>, use of heat and humidity exchangers (artificial nose)<sup>16-18</sup> and coaxial system in the anesthesia machine<sup>11</sup>.

The coaxial system is made up of a corrugated tube (through which inspired gas flows) enveloped by another tube (filled with expired gas), both ending in a common pathway connected to anesthetized patient's tracheal tube. This way, expiratory branch gas warms inspiratory branch gas, thus optimizing its acclimatization.

This study aimed at comparing the ability to warm up inhaled gases of coaxial breathing system and the conventional system, by varying fresh gas flows (FGF) on an experiment model.

#### **METHODS**

After the Ethics Committee for Research Projects Analysis, Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo approval, this experimental lab study was performed with two breathing systems tested in a

lung simulator mechanically ventilated with 600 mL tidal volume and respiratory rate of 10 breaths/minute. An electronic ventilator with 1000 mL bellows was used and a reservoir bag was placed at the ventilator's excess gases outlet to prevent room air aspiration to the ventilator and the respiratory system. The model simulated CO<sub>2</sub> production through 250 mL.min<sup>-1</sup> carbon dioxide flow directly administered to the simulator bellows. In addition, exhaled gas from the test lung would go through a warmed humidifier to simulate humidity and temperature of patients' exhaled gases. Lab system assembly is shown in figure 1.

Both systems were classified as circle, valve circuits with CO<sub>2</sub> absorption. In model A, the inspiratory branch was enveloped by the expiratory branch, whereas the conventional one (model B) presented separated respiratory branches (Figure 2).

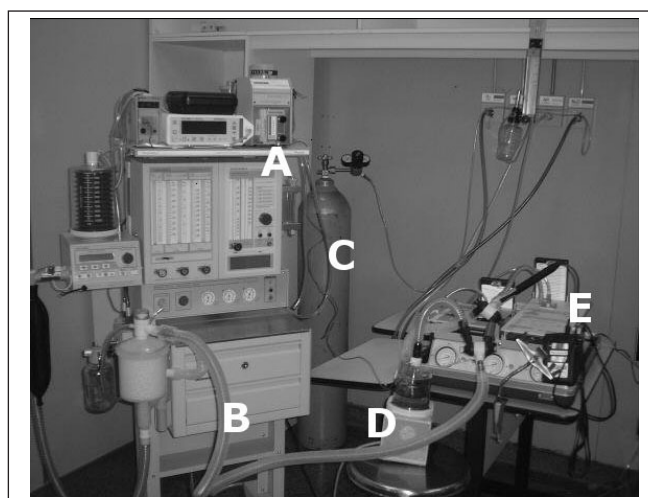


Figure 1 - Lab System Assembly (A) anesthesia machine, (B) respiratory system, (C) CO<sub>2</sub> cylinder, (D) humidifier and (E) lung Simulator



Figure 2 - Coaxial System

Inhaled gas temperatures were measured at moments 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 and 90 minutes, with low (0.5 and 1 L.min<sup>-1</sup>) and high (3 and 6 L.min<sup>-1</sup>) FGF. A sensor was placed in the inspiratory branch to measure inhaled gas temperature. Three essays were used for each system and FGF, in a total of 24 essays. Ventilator's bellows, reservoir's bag, corrugated tubes, soda lime, valves and connections were replaced after every essay to prevent the influence of water vapor built in the system.

Statistical analysis consisted of ANOVA test with repeated measures for two factors (comparison of final systems temperature and initial and environmental temperatures) and Friedman's test (comparison of systems' initial and final temperatures with different flows), considering significant p < 0.05.

**RESULTS**

Model A presented significant thermal variation between beginning and end of experiment as opposed to Model B. Both models A and B produced similar temperatures at the end of the study (Table I).

Table I - Initial (M0) and Final (M90) Temperatures of Models A (Coaxial) and B (Conventional) Data (Mean ± SD)

System	M0 (°C)	M90 (°C)	
A	22.47 ± 1.77	24.27 ± 3.52	M0 ≠ M90 (p = 0.005)
B	22.89 ± 1.86	23.61 ± 1.93	M0 = M90 (p = 0.438)
	GA = GB (p = 0.810)	GA = GB (p = 0.499)	

Both models presented significant differences between final and environmental temperatures, however with no difference between systems (Table II).

Table II - Environmental (Menv) and Final (M90) Temperatures of Models A (Coaxial) and B (Conventional) (Mean ± SD)

System	Menv (°C)	M90 (°C)	
A	21.25 ± 1.20	24.27 ± 3.52	Menv ≠ M90 (p < 0.001)
B	21.81 ± 1.87	23.61 ± 1.93	Menv ≠ M90 (p = 0.036)
	GA = GB (p = 0.800)	GA = GB (p = 0.701)	

Inhaled gas temperature variation in moments 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 and 90 minutes, according to FGF used in models A and B, is shown in figure 3.

Final temperature of both models were similar, even when grouped in low and high FGF (Table III).

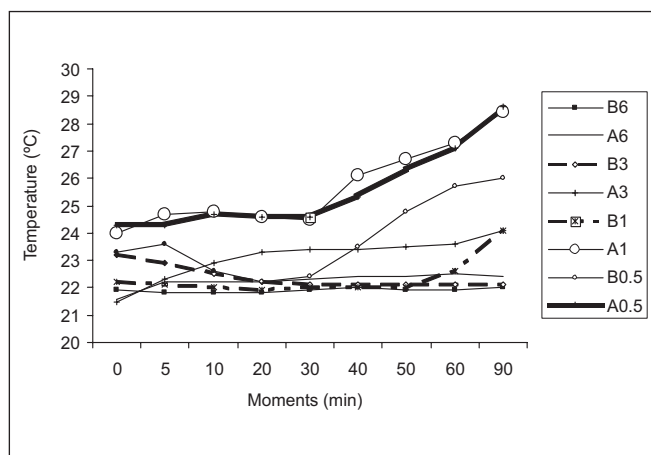


Figure 3 - Inspired Gas Temperature during Moments 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 and 90 Minutes, according to FGF in Models A and B

Table III - Initial (M0) and Final (M90) Temperatures of Systems A (Coaxial) and B (Conventional) according to FGF - Low (1) and High (2) (Mean ± SD)

System	M0 (°C)	M90 (°C)
A1	23.02 ± 2.40	25.53 ± 4.78
A2	21.93 ± 0.64	23.02 ± 0.79
B1	22.73 ± 0.42	24.50 ± 0.85
B2	23.05 ± 2.72	22.72 ± 2.36

**DISCUSSION**

Maintaining inhaled gases temperature in conditions close to patient's respiratory system is still an anesthesiologist's challenge during general anesthesia. In our study, the coaxial system has provided higher temperatures at 90 minutes as compared to initial temperatures of the same model. However, when coaxial system was compared to conventional system, both had the same behavior at the end of the study.

Similarly, FGF variation has not influenced test lung inhaled gas temperatures since both low (0.5 and 1 L.min<sup>-1</sup>) and high (3 and 6 L.min<sup>-1</sup>) FGF have led to similar temperatures at the end of the essays. These data are in disagreement with other studies which indicate significant temperature increase with CO<sub>2</sub> absorption systems and low FGF<sup>12,19</sup>. It might be that this difference in results is a consequence of the number of essays of our study (3 essays with each flow and system, in a total of 24 essays).

It is interesting to note that when low FGF (0.5 and 1 L.min<sup>-1</sup>) was used with Model A (coaxial), mean initial temperature was higher as compared to higher FGF (3 and 6 L.min<sup>-1</sup>). Although data are statistically similar, low FGF could lead to a rapid system warming.

We decided to group different FGF into low (0.5 and 1 L.min<sup>-1</sup>) and high (3 and 6 L.min<sup>-1</sup>). It is possible that significant differences could have been found if only 3 and 6 L.min<sup>-1</sup> FGF were used.

The coaxial system has produced higher differences between inhaled gases at 90 minutes, and environmental temperature. Torres et al.<sup>14</sup> have shown that thermal insulation in the corrugated tubes of the respiratory system of the anesthesia machine increases absolute inhaled gas temperature and humidity, and inhaled gas temperature has major correlation with environmental temperature in conventional respiratory system with the same FGF used in our study. Torres et al. have used three aluminum foils with the brilliant face towards the interior of corrugated tubes. In our study, the coaxial system itself has worked as thermal insulation since expiratory branch enveloped the inspiratory branch. In conclusion, coaxial system has presented significant thermal variation between beginning and end of experiment, what has not been observed with the conventional system. However, there were no final temperature differences when both systems were compared, regardless of FGF.

#### REFERÊNCIAS - REFERENCES

01. Clark RE, Orkin LR, Rovenstine EA - Body temperature studies in anesthetized man: effect of environmental temperature, humidity and anesthesia system. JAMA, 1954;154:311-319.
02. Rashad K, Wilson k, Hurt HH et al - Effect of humidification of anesthetic gases on static compliance. Anesth Analg, 1967;46:127-133.
03. Chalon J, Loew DA, Malebranche J - Effects of dry anesthetic gases on tracheobronchial ciliated epithelium. Anesthesiology, 1972;37:338-343.
04. Noguchi H, Takumi Y, Aochi O - A study of humidification in tracheostomized dogs. Br J Anaesth, 1973;45:844-848.
05. Marfatia S, Donahoe PK, Hendren WH - Effect of dry and humidified gases on the respiratory epithelium in rabbits. J Pediatr Surg, 1975;10:583-592.
06. Tsuda T, Nogushi H, Takumi Y et al - Optimum humidification of air administered to a tracheostomy in dogs. Scanning electron microscopy and surfactant studies. Br J Anaesth, 1977;49:965-977.
07. Ferrus I, Guenard h, Vardon G et al - Respiratory water loss. Respir Physiol, 1980;39:367-381.
08. Shelly MP, Lloyd GM, Park GR - A review of the mechanisms and methods of humidification of inspired gases. Intensive Care Med, 1988;14:1-9.
09. Shelly MP - Inspired gas conditioning. Respir Care, 1992;37:1070-1080.
10. Weeks DB, Broman KE - A method of quantitating humidity in the anesthesia circuit by temperature control: semiclosed circle. Anesth Analg, 1970;49:292-296.
11. Chalon J, Kao ZL, Dolorico VN et al - Humidity output of the circle absorber system. Anesthesiology, 1973;38:458-465.
12. Kleemann PP - Humidity of anaesthetic gases with respect to low flow anaesthesia. Anaesth Intensive Care, 1994;22:396-408.
13. Bengtson JP, Bengtson A, Stenqvist O - The circle system as a humidifier. Br J Anaesth, 1989;63:453-457.
14. Torres MLA, Carvalho JCA, Bello CN et al - Sistemas respiratórios valvulares com absorção de CO<sub>2</sub>: capacidade de aquecimento e umidificação dos gases inalados em três tipos de montagens utilizadas em aparelhos de anestesia no Brasil. Rev Bras Anestesiologia, 1997;47:89-100.
15. Flynn PJ, Morris LE - Inspired humidity in anaesthesia breathing circuits: comparison and examination of effect of Revell circulator. Can Anaesth Soc J, 1984;31:659-663.
16. Chalon J, Markham JP, Ali MM et al - The pall ultipor breathing circuit filter - an efficient heat and moisture exchanger. Anesth Analg, 1984;63:566-570.
17. Bickler PE, Sessler DI - Efficiency of airway heat and exchangers in anesthetized humans. Anesth Analg, 1990;71:415-418.
18. Hedley RM, Allt-Graham J - Heat and moisture exchangers and breathing filters Br J Anaesth, 1994;73:227-236.
19. Rayburn RL, Watson RL - Humidity in children and adults using the controlled partial rebreathing anesthesia method. Anesthesiology, 1980;52:291-295.

#### RESUMEN

Torres MLA, Yamaguchi ET, Fonseca US - Sistemas Respiratorios con Absorción de CO<sub>2</sub>, Circulares, Valvulares: Comparación del Comportamiento Térmico entre el Sistema Coaxial y Convencional con Diferentes Flujos de Gas Fresco

**JUSTIFICATIVA Y OBJETIVOS:** El mantenimiento de la temperatura del gas inhalado por el paciente durante el procedimiento anestésico es de fundamental importancia para evitar complicaciones respiratorias durante el peri-operatorio. El objetivo de este estudio es comparar, a través de modelo experimental, la capacidad de calentamiento de los gases inhalados con la utilización de sistemas respiratorios con absorción de CO<sub>2</sub>, circulares, valvulares coaxial y convencional, variándose el flujo de gas fresco (FGF).

**MÉTODO:** Fue realizado en estudio experimental en laboratorio, testándose dos sistemas respiratorios en un simulador de pulmón, que fue ventilado con volumen corriente de 600 mL y frecuencia de 10 incursiones por minuto. El modelo simulaba la producción de CO<sub>2</sub>, a través de la administración de flujo de 250 mL .min<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>, y el gas exhalado del pulmón de prueba pasaba por un humidificador calentado para simular el gas expirado. Los dos sistemas fueron clasificados como circulares, valvulares, con absorción de CO<sub>2</sub>. En el sistema A (coaxial), la rama inspiratoria pasaba por el interior de la rama expiratoria, mientras que el sistema B fue el convencional. Las medidas de temperatura del gas inhalado fueron realizadas en los momentos 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 y 90 minutos, siendo empleados FGF bajos (0,5 e 1 L.min<sup>-1</sup>) y altos (3 y 6 L.min<sup>-1</sup>).

**RESULTADOS:** El sistema A presentó variación térmica significativa entre el inicio y el final de los ensayos (22,47 ± 1,77 °C y 24,27 ± 3,52 °C p < 0,05 respectivamente). Los sistemas A y B produjeron temperaturas semejantes al final del estudio (24,27 ± 3,52 °C y 23,61 ± 1,93 °C respectivamente), y no hubo diferencia entre las temperaturas finales de los sistemas y la temperatura ambiental (21,25 ± 1,20 °C y 21,81 ± 1,87 °C respectivamente). La utilización de bajos FGF produjo temperaturas semejantes a las temperaturas observadas al final del estudio con flujos más elevados en los dos sistemas (A: 25,53 ± 4,78 °C y 23,02 ± 0,80 °C; B: 24,50 ± 0,85 °C y 22,72 ± 2,36 °C, respectivamente).

**CONCLUSIONES:** El sistema coaxial presentó variación térmica significativa entre el inicio y el final del experimento, lo que no fue observado en el sistema convencional. Mientras, no hubo diferencia de las temperaturas finales cuando comparados los dos sistemas entre sí, independientemente del FGF empleado.